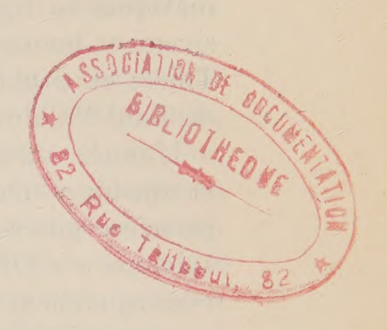
ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MARS 1955.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **René Perrin**, élu Membre de la Section des applications de la science à l'industrie le 10 janvier 1955 en remplacement de M. *René Barthélemy*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les sciences chimiques et naturelles. M. le **Président** donne lecture de la Note publiée au *Journal officiel de la République française* annonçant que, par décret du 1er mars 1955, son élection a été approuvée; il lui remet la médaille de Membre de l'Institut et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Paris, le 9 mars, de M. **Jean Chazy** et celui de Sir **Alexander Fleming**, survenu à Londres, le 11 mars. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil et donne ensuite la parole à M. **André Danjon**, puis à M. **Léon Binet**, pour la lecture des Notices nécrologiques.

Notice nécrologique sur Jean Chazy, *Membre de la Section d'Astronomie*, par M. **André Danjon**.

Jean-François Chazy naquit le 15 août 1882 dans l'ancienne capitale du Beaujolais, Villefranche-sur-Saône, où son père, issu d'une famille de fermiers, possédait une filature. Il fit de brillantes études au Collège de Mâcon, puis au Lycée de Dijon. En 1902, il remporta un premier prix de mathématiques au Concours Général et il fut admis simultanément à l'École Polytechnique et à l'École Normale. Trompant l'attente des siens, qui voyaient en lui un futur ingénieur et le successeur désigné de son père à la tête de l'industrie familiale, il opta pour l'École Normale, où il devait

avoir pour camarades de promotion nos confrères Arnaud Denjoy et Paul Pascal.

Après avoir subi avec succès les épreuves de l'agrégation de mathématiques en 1905 et accompli une année de service militaire, il est successivement boursier de la Faculté des Sciences, pensionnaire de la Fondation Thiers et titulaire d'une bourse Commercy, préparant, sous la direction de Paul Painlevé, une thèse de doctorat qu'il soutient en 1910.

L'année suivante, il est nommé maître de conférences à Grenoble, et quelques mois plus tard, à Lille. Mobilisé aux Armées pendant la première guerre mondiale, il recevait la croix de guerre avec la citation suivante : « Officier savant et courageux. A donné avec une exactitude remarquable et dès les premiers coups la position de la pièce à très longue portée qui tira sur Paris en mai et juin 1918. »

A son retour à Lille en 1919, il fut nommé à la chaire de calcul différentiel et intégral, dont il resta titulaire jusqu'en 1933; mais, dès 1925, il avait quitté Lille pour Paris, où la Faculté des Sciences lui confia successivement divers enseignements. C'est ainsi qu'il suppléa Paul Painlevé dans la chaire de mécanique analytique et mécanique céleste, et Paul Montel dans la chaire de mécanique rationnelle. Il devait, plus tard, occuper successivement ces deux chaires, succédant à Paul Montel en 1934, et à Gaston Julia en 1941. L'heure de la retraite sonna pour lui en 1953; il l'accueillit avec une résignation apparente qui dissimulait mal sa mélancolie. L'idée de ne plus enseigner lui était amère, et c'est à regret qu'il s'éloignait de sa chaire magistrale, de ses fonctions d'examinateur à l'École Polytechnique, et de la chaire d'analyse et mécanique de l'École Centrale des Arts et Manufactures.

Pendant 43 ans, il s'était dévoué à l'enseignement, apportant à la préparation de ses leçons le soin minutieux dont témoignent ses ouvrages didactiques. Ses étudiants appréciaient sa parole directe, simple et claire, et cependant, il ne rusait pas avec les difficultés qu'il se plaisait à souligner. Ceux dont il dirigeait les recherches, intimidés au premier abord par ce maître qui exigeait un effort personnel soutenu, ne tardaient pas à découvrir en lui un homme foncièrement bon, plein de sollicitude et qui savait être indulgent sans aller pourtant jusqu'à la complaisance. Lorsqu'il exposait les titres de l'un d'eux à l'occasion d'une candidature, il lui arrivait souvent de mêler les critiques aux éloges, mais sa rude franchise, tempérée d'humour, disposait l'auditoire en faveur de son candidat. Ce qui, chez un autre que Jean Chazy eût été une tactique, n'était chez lui qu'une habitude d'esprit, un besoin d'équité poussé à l'extrême.

Ses premières recherches avaient eu pour objet la détermination des équations différentielles du troisième ordre à points critiques fixes, dans la voie ouverte par Fuchs, Poincaré, Picard et Painlevé. Pour en apprécier

la valeur, il suffit de se reporter au rapport de Painlevé sur l'attribution du Grand Prix des Sciences Mathématiques en 1912; notre illustre confrère y résumait la thèse de Jean Chazy, en insistant sur les qualités d'ingéniosité et de pénétration de son auteur, et sur l'originalité et l'importance de ses résultats.

Mais la partie essentielle de l'œuvre de Jean Chazy, celle que l'Académie a tenu à consacrer en l'élisant en 1937 dans sa Section d'Astronomie, se rapporte à la mécanique céleste et au mouvement des planètes. Il avait eu, dès 1912, l'occasion d'enseigner la mécanique céleste à Lille. Sundman venait alors de publier sa solution du célèbre problème des trois corps. Or, cette solution répondait mal aux espérances des astronomes, parce qu'elle ne rendait pas compte du caractère presque périodique des mouvements planétaires, et qu'elle ne fournissait pas la moindre information sur la nature des trajectoires possibles.

C'est cette dernière lacune que Chazy se proposa de combler en combinant les méthodes simples, mais décevantes dans leurs résultats, de Sundman, et les méthodes plus subtiles, mais d'une utilisation hérissée de difficultés, dont Poincaré avait donné le principe. Il parvint au but, d'une part, en considérant comme Sundman la solution en fonction analytique du temps, en étudiant les points singuliers de cette solution et les développements correspondants; d'autre part, en appliquant la théorie des invariants intégraux, et grâce à une extension des travaux de Poincaré sur les courbes définies dans le domaine réel par les équations et systèmes différentiels des premier et deuxième ordres. En étudiant le point singulier $t = \infty$, il obtint une classification qualitative des trajectoires du problème des trois corps en sept classes distinctes, comparable à la classification des trajectoires elliptiques, paraboliques et hyperboliques du problème des deux corps. Diverses conséquences, qu'il n'est pas possible de rappeler ici, ont été tirées de ce résultat fondamental par Chazy et ses élèves, et la moisson n'est pas achevée.

Par cette découverte qui fera vivre son nom, il a renouvelé l'un des chapitres les plus importants et les plus difficiles de la mécanique céleste, celui de la stabilité des mouvements. Par là, son œuvre touche à la cosmogonie; mais par d'autres côtés, elle touche aussi à des problèmes astronomiques d'un caractère purement technique. Il suffira d'un exemple entre plusieurs autres.

Lorsqu'il préparait son ouvrage, bientôt classique, sur *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, Jean Chazy avait noté un désaccord sensible entre les valeurs numériques des perturbations du périhélie de Mercure selon Le Verrier et selon Newcomb. D'autres avaient signalé ce désaccord sans en découvrir la cause. En révisant patiemment le détail des calculs, Chazy s'aperçut que la différence était due à une dualité de

notations, et il la fit disparaître, contribuant ainsi à l'établissement de l'une des preuves astronomiques de la relativité.

Les astronomes voyaient en Jean Chazy le mathématicien qui, presque seul de sa génération, leur avait apporté un concours efficace, et dont les travaux avaient maintenu en France la grande tradition des créateurs de la mécanique céleste. A qui s'adresseront désormais les chercheurs que leurs tendances et leur formation orienteront vers l'astronomie mathématique ? Sa robuste apparence, la jeunesse intellectuelle et physique qu'il avait conservée nous faisaient espérer qu'il resterait longtemps leur guide. Après lui, qui les formera ? Lorsque de pareilles questions se posent à la disparition d'un homme de science, c'est qu'il a été un Maître, au sens plein et fort du terme.

Terrassé en quelques jours par la maladie, Jean Chazy s'est éteint à Paris le 9 mars. L'Académie exprime à Mme Chazy, à ses enfants et à ses petits-enfants son émotion et sa sympathie.

Notice nécrologique sur Sir Alexander Fleming, *Associé étranger de l'Académie des Sciences,* par M. **Léon Binet**.

La mort de Sir **Alexander Fleming** met en deuil la biologie et la médecine et il est naturel que notre Compagnie tienne, aujourd'hui, à exprimer la douloureuse tristesse qu'elle ressent et aussi à déclarer, une fois de plus, sa profonde gratitude pour l'œuvre accomplie par ce génial chercheur. Voulez-vous qu'ensemble nous résumions le merveilleux roman scientifique qu'il a su écrire ?

Tous les biologistes savaient, pour les avoir suivies avec intérêt, les patientes recherches de Fleming sur la physiologie microbienne : les travaux de ce savant sur les antiseptiques, synthétiques et naturels, sont connus du monde physiologique tout entier. Faut-il rappeler ses originales recherches sur le pouvoir antibactérien du blanc d'œuf, sur le pouvoir antibactérien de différents liquides organiques, comme les larmes et le mucus nasal ?

C'est au cours de ses minutieuses recherches sur les staphylocoques en 1928, à l'hôpital Sainte-Marie de Londres, que le Professeur Alexander Fleming fit cette expérience fondamentale, devenue aujourd'hui classique et qui passera définitivement dans l'histoire.

Une culture de staphylocoques s'est trouvée contaminée par une moisissure provenant de l'atmosphère du laboratoire.

Au lieu de jeter cette préparation, notre savant la retient, l'examine,

l'étudie, l'analyse et remarque qu'au voisinage de la colonie de moisissures les staphylocoques disparaissent.

C'est une bataille de la moisissure et du staphylocoque, dans laquelle la première semble solidement armée. Comment expliquer pareil antagonisme ?

On cultive la moisissure : c'est le *Penicillium notatum*, qui pousse parfaitement vers 26° sur bouillon et met en liberté une substance antibactérienne, antimicrobienne, qui va recevoir le nom de pénicilline.

La puissance de cet agent est considérable puisqu'un liquide de culture arrête le développement de certains microbes, même quand il est dilué 800 fois; « Il est deux à trois fois aussi fort qu'une solution pure d'acide phénique. Il arrête le développement du staphylocoque, du streptocoque, du gonocoque, du méningocoque, du pneumocoque, du bacille diphtérique ».

Pour illustrer cette action, on trace, enseigne alors le Professeur Fleming, sur un milieu de gélose un sillon pénicillé : puis on ensemence perpendiculairement à ce sillon et en traînées du staphylocoque, du streptocoque, du gonocoque, du pneumocoque, du méningocoque; la lyse se produit pour ces divers microbes au contact de la rigole imprégnée de pénicilline. Par contre, le colibacille et le bacille de l'influenza résistent.

Puissant, ce bouillon n'est pas toxique, pas plus toxique qu'un bouillon neuf, sans culture et, en 1929, Alexander Fleming va écrire : « Cela pourrait être un antiseptique efficace que l'on appliquerait ou injecterait dans les régions infectées par les microbes qui lui sont sensibles » et, en 1931, dans un article sur l'utilisation des antiseptiques, il ajoute : « Il est très probable que cette substance ou un produit chimique de même nature pourra être utilisé dans le traitement des plaies septiques ».

Quelle merveilleuse histoire !... Quelle étonnante découverte qui doit nous conduire à méditer.

Ne prononçons pas le mot de hasard. Louis Pasteur nous a appris que le hasard ne favorisait que les esprits préparés. Les savants de qualité retiennent des expériences que les travailleurs ordinaires ne remarquent pas.

Vous savez tous la suite des travaux poursuivis en Angleterre après les expériences fondamentales de Sir Alexander Fleming. L'École d'Oxford, en 1939 et en 1940, grâce à Florey et à Chain, étudie dans ses détails les problèmes portant sur la purification, le dosage, l'élimination, le mode d'action et les applications à l'homme de la pénicilline.

Puis, c'est aux États-Unis, la production industrielle de ce précieux médicament, dans des usines ressemblant d'une manière frappante aux usines de caoutchouc synthétique ou aux raffineries de pétrole.

Enfin en 1944, sur le sol de France, tombent du ciel, par parachutes, à la fois des armes et des munitions pour libérer le pays, des flacons de pénicilline pour sauver les blessés.

On sait la puissance thérapeutique de la pénicilline qui semble bien avoir un rôle spécifique dans de nombreuses infections. Faut-il citer toutes les infections à staphylocoques, les infections à streptocoques hémolytiques, à streptocoques anaérobiques, les infections à pneumocoques, à gonocoques, à méningocoques, dans les cas de suppurations pulmonaires chroniques, les infections du type Vincent et aussi souligner l'importance de cet agent comme préparation anti-infectieuse aux interventions chirurgicales, dans le traitement des infections post-traumatiques et des suites post-opératoires ? Son rôle comme médicament anti-syphilitique est indiscutable et étonnant.

On sait aujourd'hui que la pénicilline peut être associée aux sulfamides et aux autres agents antibiotiques nés dans la suite et que nous soulignons parce que la pénicilline a été le point de départ de leurs recherches et de leur découverte.

S'il fallait faire une démonstration frappante de la puissance thérapeutique de la pénicilline, il suffirait de souligner, grâce à elle, l'arrêt de l'endocardite maligne; la maladie dite d'Osler qui jadis tuait à coup sûr, est aujourd'hui arrêtée par la pénicillothérapie, à la condition qu'elle soit appliquée avec force et avec durée. Et puis comment ne pas souligner aussi combien la pneumonie est jugulée par cet agent ? On admettait jadis que la pneumonie était la fin naturelle des personnes âgées. Or on possède un agent non toxique — la pénicilline — qui permet aujourd'hui de garder dans le monde des vivants des sujets qui auraient sûrement succombé à cette infection.

Une revue contemporaine parlant de la pénicilline écrivait récemment :

« Née dans le merveilleux, la pénicilline reste égale à sa légende. L'apparition de nouveaux antibiotiques n'a pas fait pâlir son étoile. Le chirurgien comme le médecin ne conçoivent plus sans elle l'exercice de leur art. »

Titulaire du Prix Nobel, modeste et désintéressé, Fleming venait souvent en France dans les laboratoires et dans les hôpitaux, y faisant des conférences en langue anglaise, demandant à Mme Fleming, sa collaboratrice, de faire des causeries en langue française. Il était Commandeur de la Légion d'Honneur et Docteur *Honoris causa* de l'Université de Paris. Les médecins et les chirurgiens, les biologistes et les bactériologistes, les malades et les blessés, le monde entier, s'inclinent devant la mémoire de Sir Alexander Fleming qui fut un des savants les plus importants de notre époque, un chercheur génial qui rentre parmi les grands, les vrais bienfaiteurs de l'humanité.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des impuretés sur la polygonisation de l'aluminium.* Note de MM. **Jean Montuelle** et **Georges Chaudron**.

Les auteurs ont constaté que la méthode de Burgers et Tiedema, utilisée pour la préparation de monocristaux dont l'orientation est déterminée à l'avance, n'est pas applicable dans le cas de l'aluminium très pur par suite de l'apparition prématurée de la polygonisation. L'introduction de traces de lithium permet d'éviter ce phénomène et d'obtenir la recristallisation sous forme de monocristaux.

Burgers et Tiedema ([1]) ont mis au point une méthode qui permet de préparer des monocristaux d'aluminium dont l'orientation peut être choisie à l'avance. Ces auteurs font croître, par un recuit, un germe monocristallin d'orientation connue dans une plaquette à grains fins qui a été écrouie de la quantité critique. Cette plaquette, ou matrice du gros cristal, est elle-même orientée d'une manière convenable par rapport au germe grâce à une torsion et à un pliage.

Nous avons constaté que cette méthode donne les résultats attendus avec l'aluminium de pureté technique (par exemple de titre 99,5). Mais elle ne peut être utilisée dans le cas de l'aluminium raffiné de titre 99,99. Cette observation nous a conduit à étudier la recristallisation, dans ces mêmes conditions, de l'aluminium de différentes puretés.

Nous avons préparé des éprouvettes de 1 mm d'épaisseur avec de l'aluminium de différents titres et nous les avons soumises aux traitements thermiques et mécaniques suivants : l'éprouvette laminée est chauffée à 600° par passage rapide dans un four pour produire une recristallisation primaire à grains fins. Elle subit ensuite l'écrouissage critique de 2 % par traction, et finalement l'éprouvette recristallise en gros cristaux par passage lent dans le four dont la température est réglée à 630°.

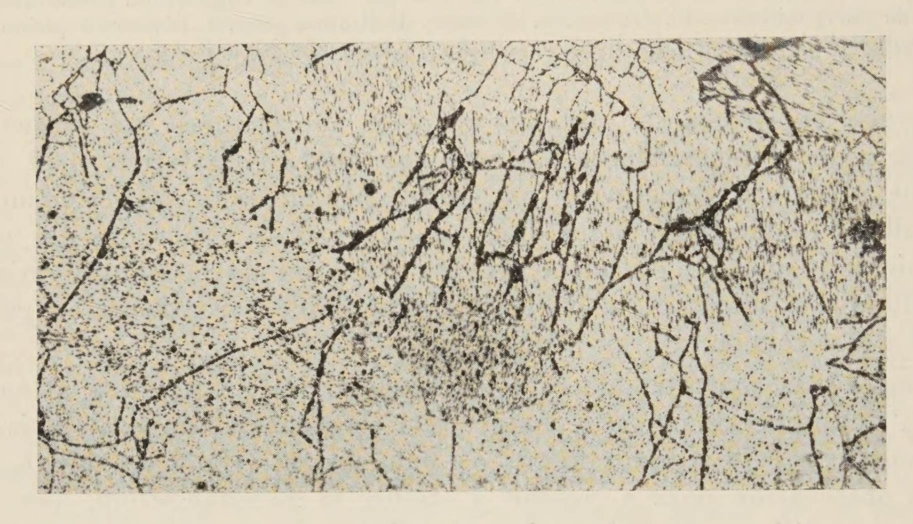
Par application de la technique de Burgers et Tiedema nous avons pu préparer dans ces conditions de longues plaquettes monocristallines d'aluminium technique (15 × 300 mm) qui présentent une orientation déterminée à l'avance. Mais dans le cas de l'aluminium pur (99,99) et même à partir d'un titre inférieur, 99,95, on constate que le développement des germes se trouve rapidement arrêté et l'on obtient finalement une plaquette polycristalline.

L'étude micrographique et également l'observation des taches de Laue focalisées à grande distance nous a permis de constater que ces cristaux d'aluminium pur présentaient généralement la sous-structure

---

([1]) T. J. Tiedema, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 261.

propre au phénomène de polygonisation, tandis que les monocristaux d'aluminium technique ne la présentaient en aucun cas. Nous retrouvons dans ces expériences sur l'aluminium ce qui avait été mis en évidence sur le fer très pur par J. Talbot, C. de Beaulieu et G. Chaudron (2). En effet, sur le fer très pur, on observe que l'apparition prématurée de la polygonisation empêche également le développement des cristaux de grandes dimensions.



Aluminium de titre 99,99 polygonisé. On remarquera que les joints de grains sont mis en évidence par l'arrêt brusque des sous-joints. G = 10.

Nous avons étudié l'influence des impuretés sur ce phénomène en introduisant du lithium dans l'aluminium 99,99. Cette impureté nous a paru particulièrement indiquée en raison de sa faible masse atomique et de sa volatilité. L'alliage aluminium-lithium que nous avons préparé contient 0,04 % en poids de lithium, soit 0,16 atomes % et dans ces conditions on n'observe plus la polygonisation. On retrouve cette propriété par élimination plus ou moins complète du lithium.

Des expériences sont actuellement en cours pour déterminer la concentration minimum des différents atomes étrangers qui empêchent l'apparition du phénomène de polygonisation dans les conditions de nos expériences.

---

(2) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 818.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez les* Ammi. Note (*) de M. **René Souèges**.

Les lois du développement de l'embryon, chez les *Ammi*, se sont montrées conformes à celles qui ont été établies au sujet des autres Amminées. Des différences d'ordre secondaire ont pu seulement être observées dans l'orientation des premières parois, dans la formation d'octants véritables et dans l'origine de la partie centrale de la coiffe.

Deux espèces du genre *Ammi* ont été étudiées : l'*Ammi majus* L. et l'*Ammi Visnaga* Lam. Les formes rencontrées dans cette dernière se sont montrées, à quelques différences accidentelles près, semblables à celles qu'a présentées la première. Dans les deux cas, les règles du développement embryonnaire sont conformes à celles qui ont été établies au sujet de deux autres représentants de la tribu des Amminées examinés jusqu'ici, l'*Apium inundatum* Reich. (*Helosciadium inundatum* Koch) ([1]) et l'*Anthriscus Cerefolium* Hoffm. ([2]).

L'étude embryogénique des Ombellifères est, en général, longue et difficile, en raison du nombre considérable d'ovaires et de jeunes achaines où ne se rencontrent pas d'embryons en voie de développement. Mais c'est surtout au sujet des *Ammi* que nos recherches ont été peu fructueuses, que se sont multipliés les insuccès. Michel Pointet ([3]) qui a consacré dernièrement un excellent travail à la morphologie, externe et interne, à la systématique et à la chimie des fruits de l'*Ammi Visnaga*, ayant remarqué, par l'examen de coupes longitudinales, que, dans la majorité des cas, ces fruits étaient stériles, a procédé à des essais de germination sur papier humide, à la température de 20°, pour se faire une idée du degré de cette stérilité. Il a constaté que, avec de faibles variations selon le poids des achaines, leur volume ou leur âge (1 à 3 ans), le pourcentage des germinations oscillait autour d'une moyenne voisine de 5 %, allant jusqu'à 9-13 % dans certains lots, mais n'atteignant que 1-7 % dans d'autres. Ajoutons que Pointet n'a pu tenir compte du nombre incalculable d'ovaires qui avortent et qui tombent avant d'acquérir les caractères extérieurs d'un fruit d'apparence normale. Si l'on ajoute encore que, au terme des longues manipulations auxquelles on doit se livrer pour obtenir des préparations propres à l'observation, on rencontre rarement des formes embryonnaires en position favorable, sectionnées selon leur axe ou offrant des stades qui n'ont pas encore été observés, on comprendra que beaucoup de temps et une grande constance ont été nécessaires pour mener à bonne fin ces études embryogéniques, chez les Ombellifères en général et tout particulièrement chez les *Ammi*.

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 128.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 141.

([3]) M. Pointet, *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1954, p. 141.

Les figures 1 à 4 permettent d'assister à la construction de la tétrade *première*, linéaire, de la catégorie C_2, comportant quatre éléments superposés. Les deux éléments inférieurs se séparent généralement avant les deux autres, aux dépens de la cellule basale, *cb* (*fig.* 2 à 3); plus tard, ils se segmentent eux-mêmes transversalement comme le démontrent les figures 7, 12, 13; mais ils peuvent aussi se diviser, plus ou moins tôt, longitudinalement ou obliquement; ils engendrent finalement un suspenseur massif plus ou moins allongé dont, par les figures 10 à 13, 15, 18, 21 et 22, on peut se faire une idée du mode de construction, de la forme et des dimensions atteintes au terme de la vie proembryonnaire.

Les deux éléments supérieurs de la tétrade, *cc* et *cd*, se divisent à leur tour transversalement pour donner naissance à une tétrade *seconde*, en C_2 encore, formée des quatre éléments superposés *ce* ou *l*, *cf* ou *l'*, *m* et *ci*. A ce stade, le proembryon est composé de huit

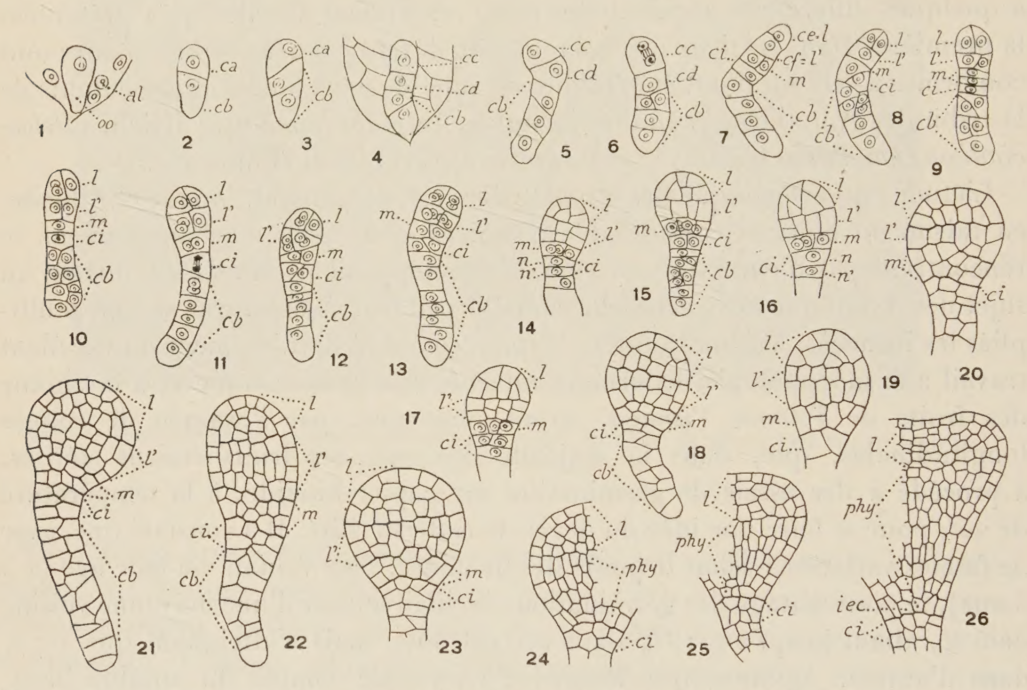


Fig. 1 à 26. — *Ammi majus* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mères de la tétrade seconde; *ce* ou *l*, cellule terminale de cette tétrade ou partie cotylée *s. lato;* *cf* ou *l'*, cellule subterminale de cette tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule intermédiaire de la même tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle ; *ci*, cellule inférieure de la même tétrade ou primordium de la coiffe; *n*, et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *phy*, partie hypocotylée. (G = 320).

éléments en série linéaire ; il n'a pas été possible de rencontrer cette forme type octocellulaire; mais, en 7, on peut reconnaître les huit étages correspondants, l'élément *m* s'étant déjà cloisonné longitudinalement; en 8, *m* et *ci* se sont séparés par une cloison oblique; en 9, *m* s'est divisé transversalement.

Les deux blastomères supérieurs, *ce* ou *l* et *cf* ou *l'*, se segmentent verticalement (*fig.* 8, 9) et engendrent ainsi deux dyades superposées ayant valeur de quadrants; les divisions suivantes, dans ces quadrants, sont généralement verticales, méridiennes, donnant deux étages de quatre cellules circumaxiales homologues d'octants (*fig.* 10, 11, 13).

Dans les octants supérieurs, en *ce* ou *l*, les cloisons sont le plus souvent anticlines (*fig.* 14

à droite, 16, 17 à gauche) rarement périclines (*fig.* 15 à gauche, 16 à droite); en 14 à 17, 19, 20, on peut voir comment se disposent les parois suivantes; en 18, 21, deux assises sous-épidermiques se sont constituées; plus tard, il en apparaît une troisième (*fig.* 22 à 25) et même d'autres plus ou moins aplaties (*fig.* 26). En aucun cas, dans cette région originaire de *ce* et représentant la partie cotylée *s. lato*, on ne peut établir de démarcation entre tissu épiphysaire et partie cotylée *s. stricto*.

Dans les octants inférieurs, en *cf* ou *l'*, aux premières cloisons le plus souvent longitudinales (*fig.* 15) succèdent très tôt des parois transversales (*fig.* 14, 16, 17) qui font apparaître deux assises (*fig.* 18, 19), puis un plus grand nombre (*fig.* 23 à 26), Ces assises donnent naissance à la partie supérieure de l'hypocotyle correspondant au primordium de la tige hypocotylée.

Le blastomère *m*, qui, en 13, offre deux éléments juxtaposés, par divisions d'abord verticales (*fig.* 14 à 17) puis transversales, donne deux assises cellulaires (*fig.* 18, 19, 21) génératrices de la partie inférieure de l'hypocotyle, autrement dit du primordium de la racine; les cellules adjacentes à l'axe, les plus inférieures de cette partie, représenteraient les initiales de l'écorce de cet organe. Aux stades proembryonnaires, parfois de très bonne heure, il est difficile de reconnaître les limites exactes des deux parties de l'hypocotyle (*fig.* 20, 22, 23); au moment de la naissance des cotylédons (*fig.* 26), ces deux parties arrivent à se confondre.

Le blastomère *ci* (*fig.* 9, 10) se segmente d'abord soit longitudinalement (*fig.* 15), soit obliquement (*fig.* 12, 13), soit transversalement (*fig.* 14, 16), engendrant, dans ce dernier cas, deux éléments superposés *n* et *n'*. Quelles que soient les directions de ces premières parois, *ci* se décompose, en règle générale, en deux assises (*fig.* 20, 23 à 25) qui contribuent l'une et l'autre à la construction de la partie moyenne de la coiffe.

En somme, il n'y a pas lieu de séparer, du point de vue embryogénique, les *Ammi* des deux autres représentants de la tribu des Amminées qui ont été examinés jusqu'à ce jour. Dans les trois cas, les règles essentielles du développement sont les mêmes et peuvent être traduites dans des tableaux récapitulatifs comparables. Deux caractères secondaires, et assez inconstants, rapprochent les *Ammi* de l'*Apium inundatum* et les séparent, par contre, de l'*Anthriscus Cerefolium*; ce sont, en premier lieu, l'apparition de quatre octants supérieurs et de quatre octants inférieurs à la quatrième génération à partir de la cellule apicale, en second lieu, la participation de tous les éléments issus de *ci* à la construction du primordium de la coiffe. On peut ajouter que, chez les *Ammi*, les tout premiers cloisonnements sont moins réguliers que chez les deux autres espèces.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Sur le comportement spatial d'accouplement et ses variations, dans le Complexe biologique du Moustique commun* Culex pipiens *L.* Note de M. **Émile Roubaud**.

J'ai signalé naguère ([1]) des variations raciales ou individuelles du comportement spatial d'accouplement au cours des élevages artificiels,

---

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2036.

chez le Culicide *Anopheles claviger* (*bifurcatus*). Certaines tendances initiales à l'accouplement en espace limité disparaissent, par la suite, pour céder la place à l'eurygamie. On peut observer, parmi les peuplements anautogènes du Moustique commun *Culex pipiens*, des variations analogues dans le besoin d'espace pour la fertilisation des femelles.

Chez l'espèce type *Culex pipiens*, ou Moustique rural, l'eurygamie est manifeste ([2]). Même dans des boxes cubant environ 2 m^3, nombre de femelles échappent à la fertilisation. Dans un essai effectué avec une souche de Vendée, deux pontes fécondées seulement furent obtenues de plusieurs dizaines de femelles, avec de nombreux mâles; avec une autre souche, originaire de Belgique, seulement 3 sur 16. Dans une cage réduite à 1/10e de mètre cube la fertilisation a été encore plus difficile : sur 27 femelles de Vendée, avec mâles en surnombre, une seule ponte fécondée fut obtenue. A l'examen, 19 femelles contrôlées furent reconnues non fertilisées.

S'il peut exister quelques différences entre les souches de *pipiens* au point de vue du comportement eurygame, il serait exagéré de dire avec certains auteurs, que certaines souches sont sténogames parce que l'on peut en obtenir la reproduction en captivité, dans de faibles conditions spatiales ([3]).

Dans ces cas l'analyse montre, comme nous l'avons vu pour le *pipiens* de Richelieu, qu'un faible nombre d'individus acceptent la fertilisation en faible espace et que le plus grand nombre ne l'acceptent pas. Il s'agit donc d'un comportement sténogame-limite ou sub-sténogame.

La variété méridionale de *pipiens* que j'ai dénommée *berbericus*, anautogène et anthropophile, présente un comportement sexuel analogue à celui du *pipiens* rural. La souche originaire du midi de la France (Arles) que j'ai étudiée ([4]) ne s'accommode qu'exceptionnellement aussi d'un espace nuptial réduit à 1/10e de mètre cube. Au cours d'un élevage, à trois générations successives, de ce *Culex* dans de telles conditions d'espace, les faits suivants ont été relevés.

A la première génération en captivité, sur une centaine de femelles placées avec des mâles en surnombre, 10 pontes fécondées furent obtenues. A la deuxième génération, quatre seulement, sur plusieurs centaines de femelles et de mâles. A la troisième génération, aucune ponte fertilisée ne fut déposée, sur 35 femelles, mais seulement cinq barquettes non fécondées.

Ces faits montrent : 1° que ce *Culex* se trouve à la limite de ses possibilités sténogames dans les conditions indiquées; 2° que ses aptitudes

---

([2]) E. Roubaud, *Ann. Sc. nat. Zool.*, 10e série, 16, 1933, p. 138 et suiv.

([3]) J. Callot et Dao van Ty, *Bull. Soc. Path. Exot.*, 36, 1943, p. 229.

([4]) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 38, 1955, p. 55 et suiv.

dans ce sens tendent à se réduire de plus en plus au cours de la captivité. C'est exactement ce que j'ai observé pour l'*A. claviger petragnani*.

Cette régression continue de l'aptitude à la fertilisation, en condition sub-sténogame, au cours de la captivité, peut apparaître comme liée à certaines influences dépressives exercées par celle-ci sur les Insectes. En quoi consistent-elles ?

Il faut remarquer, d'abord, que la productivité des femelles est demeurée entière puisque certaines d'entre elles, même non fécondées, ont déposé de fort belles pontes. La déficience n'a paru porter que sur la régression des aptitudes à la pariade en faible espace. La nécessité de vols de plus grande amplitude apparaît alors. Il est permis de penser que des besoins d'oxygénation accrus se sont fait jour chez des moustiques qui ont été déprimés physiologiquement par la captivité. L'accroissement du besoin d'espace correspond à un supplément d'activité musculaire et respiratoire, devenu indispensable pour réactiver les aptitudes sexuelles en sommeil.

Aucune de ces variations de l'eurygamie ne permet de comprendre les particularités sténogames étroites du *Culex autogenicus* (*molestus auct.*) comme dérivées des tendances spatiales plus ou moins réduites manifestées par les *pipiens* anautogènes. Il existe, à ce point de vue, entre les deux types de *Culex* du complexe *pipiens*, une opposition irréductible. Mentionnons, par ailleurs, que chez les autogènes on ne voit jamais, au cours des élevages en captivité, survenir de modifications à la sténogamie. Celle-ci demeure toujours parfaitement rigoureuse, parce qu'elle est générale chez tous les individus, sauf hybridations possibles, et représente une caractéristique fondamentale du groupe *autogenicus*.

ÉCONOMIE RURALE. — *Nouvelle démonstration de l'efficacité du système de prophylaxie de la fièvre aphteuse reposant sur l'application rigoureuse des mesures sanitaires et en particulier de l'abattage. Nécessité d'une Convention sanitaire internationale.* Note (*) de M. **Gaston Ramon**.

A plusieurs reprises, nous avons entretenu l'Académie de l'évolution de l'épizootie de fièvre aphteuse qui a pris naissance en Europe en 1951.

De la série d'études auxquelles nous nous sommes livré, il résultait, comme nous l'avons exposé précédemment ([1]) que des pays tels que l'*Irlande*, les *États-Unis*, l'*Australie*, la *Nouvelle-Zélande*, le *Japon* plus ou moins menacés par la fièvre aphteuse, ont pu s'en préserver totalement en dressant des barrières efficaces, sous la forme de mesures de protection appropriées : application rigoureuse des règlements de police sanitaire, interdiction

---

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 269. *Voir* également G. Ramon, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, **41**, 1954, p. 281 et 820.

des importations d'animaux vivants, de viandes, de denrées fourragères ou autres en provenance des pays où existe la fièvre aphteuse.

D'autres pays, comme la *Grande-Bretagne*, la *Suède*, la *Suisse*, le *Canada* ont pu éviter l'épizootie envahissante et ses désastreuses conséquences, en se libérant des foyers aphteux dès leur apparition grâce à la mise en œuvre opiniâtre du système qui consiste à pratiquer, en premier lieu, l'abattage des animaux atteints ou suspects, associé à d'autres mesures : désinfection des locaux, réglementation de la circulation des animaux et des personnes pendant un temps déterminé et dans une certaine zone autour des foyers, interdiction des foires et marchés, etc. Ce système est seul capable d'assurer la destruction du virus aphteux, d'empêcher sa multiplication et sa diffusion et d'éviter ainsi le retour offensif de la maladie. En fait, au cours de l'épizootie, il a fait largement ses preuves puisqu'il a permis aux pays qui l'ont employé de combattre victorieusement et à relativement peu de frais, la fièvre aphteuse. C'est ainsi que pendant les trois années 1951, 1952, 1953, on a signalé en *Suisse :* 445 foyers (²) et 10 526 animaux ont été abattus; en *Grande-Bretagne :* 657 foyers et 97 041 animaux sacrifiés entraînant pour ce dernier pays une dépense totale qui n'excède pas quatre milliards de francs, cette somme étant consacrée, pour la plus grande part, à indemniser les propriétaires des animaux abattus.

Si l'on envisage maintenant le groupe des pays comprenant notamment l'*Allemagne*, la *Belgique*, la *France*, l'*Italie*, etc. qui n'ont pas fait ou n'ont pu faire, à aucun moment, usage du système reposant sur l'abattage et sur l'application rigoureuse des mesures sanitaires et qui ont basé la lutte contre l'épizootie aphteuse sur la pratique de la vaccination, on constate que ces pays ont payé un lourd, souvent très lourd tribut à l'épizootie.

Comme nous l'avons montré antérieurement, si la vaccination a pu protéger isolément et momentanément certains troupeaux, elle n'a eu aucune influence sur la marche de l'épizootie pour les raisons que nous avons déjà données : pouvoir immunisant insuffisant des vaccins, faible durée de l'immunité conférée, apparition de types et de variantes de virus, etc. Ainsi, par exemple, au cours des trois années 1951, 1952, 1953, il y a eu en Allemagne 211 519 foyers; en Belgique 61 592 foyers avec 1 494 055 animaux touchés par la fièvre aphteuse; en France 339 645 foyers et 5 789 382 animaux malades et suspects renfermés dans ces foyers; on peut évaluer à plus de 100 milliards les dommages causés à l'économie française.

D'ailleurs, la pratique même généralisée de la vaccination n'a pas mis à l'abri des recrudescences de l'épizootie car contrairement à l'abattage, la vaccination ne supprime pas le virus lequel comme le feu qui couve peut, à chaque instant, rallumer des foyers de maladie et celle-ci poursuit sa marche, soit sous sa forme épizootique, soit sous sa forme enzootique ou sporadique. C'est ce que montre le tableau que nous avons dressé et qui rend compte de l'évolution de la fièvre aphteuse dans divers pays, pendant l'année 1954.

Il ressort de ce tableau que dans les pays qui, comme l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie ont eu recours, pour le principal, à la vaccination, sans employer l'abattage, la maladie a, durant l'année 1954, continué de sévir avec plus ou moins d'intensité. Ainsi en France, si au mois de janvier 1954 il n'y avait eu que 37 foyers nouvellement apparus,

(²) Le foyer désigne la ferme, l'exploitation infectée.

au mois de décembre on enregistrait 298 foyers nouveaux presque tous localisés dans une trentaine de départements situés au Sud de la Loire. En Italie, si au mois de janvier 1954 on n'avait constaté que 103 foyers nouveaux, en décembre on dénombrait 1906 foyers nouveaux.

Évolution de la fièvre aphteuse pendant l'année 1954.

	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
A. Pays dans lesquels la lutte contre la fièvre aphteuse est basée, pour le principal, sur la pratique de la vaccination :												
Allemagne	52	42	36	12	6	19	18	32	16	132	86	30
Belgique	241	174	78	64	37	20	19	4	15	28	13	7
France	37	75	51	70	29	37	22	43	48	48	80	298
Italie	103	296	410	262	325	377	238	210	588	619	1116	1906

Ces pays n'ont en aucun cas pratiqué l'abattage.

	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
B. Pays ayant mis en œuvre le système reposant sur l'abattage des animaux malades ou contaminés et sur l'application des règlements sanitaires :												
Grande-Bretagne	2	6	3	1	–			–	–	–		
Suède	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	
Suisse	–	1	–	1	3	–	–	–	–	–		–
Canada						–						
Pays-Bas	22	8	1	1			2	–	–	–	–	
Danemark	21	9	7	1	2	1		–				2

La Grande-Bretagne et le Canada n'ont fait usage de la vaccination à aucun moment.

La Suède, la Suisse ont employé la vaccination à des degrés divers; le plus souvent la vaccination était pratiquée « en anneau » autour des foyers primitivement éteints par l'abattage. Les Pays-Bas, le Danemark ont fait une large utilisation de la vaccination au cours de l'épizootie. Elles ont mis en œuvre l'abattage au déclin de cette épizootie.

Il ressort encore de ce même tableau que la fièvre aphteuse a pratiquement disparu des pays qui ont fait usage du système qui repose sur l'utilisation de l'abattage et sur l'application stricte des règlements sanitaires, soit au début et au cours de l'épizootie — il en est ainsi de la Grande-Bretagne, du Canada, de la Suède, de la Suisse — soit au déclin de l'épizootie comme les Pays-Bas et le Danemark, ceux-ci ayant, en outre, usé largement de la vaccination alors que la Grande-Bretagne et le Canada ne l'ont jamais utilisée et la Suède et la Suisse très partiellement.

Les pays qui sont maintenant débarrassés de la fièvre aphteuse peuvent exporter, pour leur plus grand avantage, du bétail vivant, des animaux

reproducteurs, des viandes, des produits laitiers tandis que ces exportations sont interdites aux pays où existe toujours la fièvre aphteuse, ce qui est très préjudiciable non seulement à l'intérêt propre de ces pays mais aussi à l'économie mondiale à une époque où les pays en surproduction animale devraient diriger leurs excédents vers les régions que l'on qualifie de « sous-développées » et dont les populations sont sous-alimentées.

Nous avons donc, dans tous ces faits, une démonstration nouvelle de l'efficacité et de la très grande supériorité du système que nous avons sans cesse préconisé depuis trois ans [3].

Cependant, pour avoir son plein effet c'est-à-dire pour aboutir à l'éradication de la fièvre aphteuse sur un continent comme l'Europe par exemple, et aussi sur d'autres continents, le système qui a donné toutes les preuves de sa valeur dans divers pays, doit être généralisé ce qui n'exclut pas la pratique de la vaccination, dans certains cas et dans certaines circonstances, au moyen d'un vaccin amélioré dans ses qualités immunisantes [4]. On peut avoir la certitude qu'un système de ce genre appliqué, en vertu d'un accord international, dans la grande majorité des pays sinon dans tous, permettra de réaliser dans l'avenir la prophylaxie de la fièvre aphteuse dans le monde comme il l'a assurée déjà dans un certain nombre de pays.

Pleinement conscient des ravages que causent les épizooties de fièvre aphteuse et dont la France elle-même a subi et continue de subir durement les désastreuses conséquences, le Gouvernement français, à l'instigation de M. André Mayer, et sur l'invitation formelle de l'Assemblée nationale [5], a pris l'initiative de faire établir et de proposer une Convention sanitaire internationale pour la prophylaxie mondiale de la fièvre aphteuse. A cet effet, il doit réunir très prochainement une Conférence d'experts techniciens chargés d'étudier et d'élaborer une telle Convention. Cette conférence définira les mesures que les Gouvernements s'engageraient à mettre en œuvre pour libérer l'Élevage de l'un de ses plus grands fléaux.

Il est souhaitable que dans l'intérêt de l'Économie mondiale tout entière, l'initiative du Gouvernement français soit couronnée de succès.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau un Ouvrage polycopié consacré à la *Bio-bibliographie du Professeur René Leriche*, par Claire Laliberté avec une lettre-préface de Maurice Gervais.

([3]) *Voir* notamment *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1106; **235**, 1952, p. 333; **238**, 1954, p. 975. On trouvera l'énumération complète de nos publications sur ce sujet dans le *Bull. Off. internat. des Épizooties*, **41**, 1954, p. 820.

([4]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 629.

([5]) Projet de résolution adopté par l'Assemblée nationale dans sa séance du 4 mars 1955,

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, Sir **Harold Spencer Jones** et M. **Selman Waksman** sont élus pour occuper deux des places d'Associés étrangers nouvellement créées.

CORRESPONDANCE.

M. **Émile-F. Terroine** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'économie rurale, par la mort de M. *Albert Demolon*.

L'Académie est informée de la Cérémonie qui aura lieu à Metz, le 30 mars 1955, pour l'inauguration d'une plaque qui sera apposée sur la façade de la Manufacture des Tabacs, à la mémoire d'**Eugène Rolland** (1812-1885), qui fut Membre de l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le virus des Bashi*, par Paul Giroud et Jean Jadin, in *Mémoires* de l'*Académie royale des sciences coloniales* de Bruxelles.

2° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de le Découverte*, Série A, nos 199, 200, 201 ; Série D, nos 33, 34.

3° *Comptes rendus du Comité national français de Géodésie et géophysique, année* 1953, publiés par le Secrétaire général, André Gougenheim.

4° Tokyo Jikeikai School of medicine. *Jikeikai medical Journal*, Vol. 1, n° 1.

5° Kanazawa University (Japon). *The science reports*. Vol. 1, nos 1, 2; Vol. 2, n° 1, 2.

6° Kumamoto University (Japon). Faculty of science. *Kumamoto Journal of science*. Series A (*Mathematics, Physics and Chemistry*), Vol. 1, nos 1, 2, 3, 4; Series B (*Biology and Geology*), nos 2, 4.

ALGÈBRE. — *Conditions graphiques pour que toutes les racines d'une équation algébrique soient à parties réelles négatives.* Note (*) de M. **Dusan Mitrović**, transmise par M. Léopold Escande.

Il existe de nombreux procédés d'étude du problème proposé. Nous avons l'intention d'indiquer ici une méthode graphique qui nous paraît d'application pratique plus simple que les critériums usuels.

(*) Séance du 7 mars 1955.

Soit donnée l'équation algébrique

$$(1)\qquad f(Z) = Z^n + a_1 Z^{n-1} + \ldots + a_{n-1} Z + a_n = 0$$

où tous les coefficients sont réels. Nous allons d'abord considérer a_{n-1} et a_n comme les variables ξ et η. En posant $Z = ti$, on déduit de (1) le lieu géométrique correspondant dans le plan $O\xi\eta$ aux racines purement imaginaires :

$$(2)\qquad \begin{cases} \xi = a_{n-3}t^2 - a_{n-5}t^4 + a_{n-7}t^6 - \ldots, \\ \eta = a_{n-2}t^2 - a_{n-4}t^4 + a_{n-6}t^6 - \ldots. \end{cases}$$

D'autre part, considérons le contour C constitué par l'axe imaginaire entre $-Ri$ et $+Ri$ et par le demi-cercle $|Z| = R$, $\mathcal{R}_Z < 0$. On prend R assez grand, de telle sorte que toutes les racines à parties réelles négatives se trouvent à l'intérieur de C et l'on suppose que $f(Z)$ ne s'annule pas sur le contour.

Le polynome $f(Z)$ étant une fonction holomorphe sur le contour fermé simple C et à l'intérieur de C, le nombre total N de ses zéros dans C est égal au quotient par $2\bar{u}$ de la variation de l'argument de $f(Z)$ lorsque le point Z décrit C dans le sens direct. Nous nous proposons, ainsi qu'on le fait dans le cas du critérium de Routh-Hurwitz, de trouver les conditions pour qu'il soit $N = n$.

La variation de l'argument de $f(z)$ sur le demi-cercle entre $+Ri$ et $-Ri$ pour R très grand est $n\bar{u}$. Il s'ensuit que les racines de (1) seront à parties réelles négatives si, et seulement si, la variation de l'argument de $f(Z)$ sur l'axe imaginaire entre $-Ri$ et $+Ri$ est aussi $n\bar{u}$. Nous allons montrer que la courbe (2) et les droites $\eta = a_n$, $\xi = a_{n-1}$ peuvent nous aider de vérifier si cette condition est satisfaite.

Grâce à (1) et (2) on a évidemment

$$(3)\qquad f(ti) = X(t) + Y(t).i = a_n - \eta + (a_{n-1} - \xi)ti.$$

Soit n pair. A l'aide de (3) on voit aisément que les signes de $X(t)$ et $Y(t)$ peuvent être déterminés par simple inspection de la courbe (2) et des droites $\eta = a_n$, $\xi = a_{n-1}$. On est donc en état de suivre le signe de $Y(t)/X(t)$ lorsque t varie entre $-\infty$ et $+\infty$. Toutes les fois que la courbe (2) traverse la droite $\eta = a_n$, $Y(t)/X(t)$ passe par l'infini. On peut donc calculer la variation de l'argument de $f(Z)$ sur l'axe imaginaire entre $-Ri$ et $+Ri$ et vérifier si toutes les racines de (1) sont à parties réelles négatives.

Si n est impair, on considère la fonction $if(Z)$:

$$(4)\qquad if(ti) = -Y(t) + X(t)i = -(a_{n-1} - \xi)t + (a_n - \eta)i$$

en tenant compte que $X(t)/-Y(t)$ passe par l'infini à l'origine et aux points d'intersection de (2) et de $\xi = a_{n-1}$.

En considérant ainsi toutes les formes possibles des courbes (2) et les positions des droites précitées, on déduit aisément les conditions graphiques suffisantes et nécessaires.

L'équation algébrique (1) à coefficients réels aura toutes ses racines à parties réelles négatives si le point $M(a_{n-1}, a_n)$ se trouve dans le premier quadrant et si la courbe (2), lorsque t varie de o à $+\infty$, traverse alternativement les droites $\eta = a_n$ et $\xi = a_{n-1}$ de façon que la droite $\eta = a_n$ soit premièrement traversée et que le nombre total des points d'intersection soit $n-1$.

La solution du problème proposé se réduit donc à la construction d'une seule courbe (2), ce qui ne présente aucune difficulté, d'autant plus qu'on peut poser $t^2 = \tau$. La méthode est surtout intéressante pour l'étude de la stabilité des circuits électriques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Transformées de Fourier de distributions invariantes.* Note de M. **Pierre-Denis Methée**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On indique une méthode permettant de déterminer les transformées de Fourier de distributions invariantes par le groupe des rotations propres de Lorentz : les S, les H, et, en particulier, les Z de MM. L. Schwartz et M. Riesz (1). On retrouve ainsi (sous l'aspect des distributions) les expressions des transformées de certaines « fonctions singulières » solutions de l'équation des ondes.

Les S (soit les S^p, $\overline{S}^p$, $\mathcal{S}^p$; p quelconque) et les H (soit les H^k, $\overline{H}^k$; k entier ≥ 0) (2) sont toutes invariantes et tempérées; $\mathcal{F}S$ et $\mathcal{F}H$ (3) sont aussi invariantes. Soit E l'ensemble $(-2, -4, -6, \ldots; -n, -n-2, -n-4, \ldots)$ et N l'ensemble $[(n-2)/2,\ n/2,\ (n+2)/2,\ \ldots,\ n \text{ pair}]$, n étant le nombre de dimensions de l'espace R^n; la famille des Z_l est formée des S^p pour $p \notin E$, des H^k pour $k \notin N$ et des $\square^k \delta$ (4).

1. *Méthode pour $p \notin E$ et $k \notin N$.* — Considérons l'ensemble Ω des opérateurs ω proportionnels aux opérateurs invariants u, $\square$, $\nabla - h$:

$$u = x_n^2 - \sum_{i=1}^{n-1} x_i^2, \qquad \square = \frac{\partial^2}{\partial x_n^2} - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}, \qquad \nabla = \sum_{i=1}^{n} x_i \frac{\partial}{\partial x_i}, \qquad (h, \text{ constante quelconque}).$$

A tout ω on peut associer un ω' défini par $\mathcal{F}(\omega T) = \omega' \mathcal{F} T$; ω' est proportionnel à l'un des opérateurs $\square$, u, $\nabla + h + n$, donc $\omega' \in \Omega$.

Pour tout ω, la solution générale invariante de $\omega T = 0$ est une combinaison linéaire arbitraire, que l'on notera $[U_1, U_2, U_3]$, de trois solutions U_i (qui dépendent de ω) formées d'un nombre fini de S, H, $\square^k \delta$ (5). Désignons

(1) J'apprends que Mlle C. Braga vient de résoudre, par une autre méthode, ce problème.

(2) Définition des Z dans L. Schwartz, *Théorie des distributions*, 1, des H_ε, H et S dans (M) : P.-D. Methée (thèse), *Comm. Math. Helv.*, 28, 1954, p. 225-269.

(3) $\mathcal{F}$ est la transformation de Fourier définie par $\mathcal{F} f(x) = \int f(x)\, e^{-ixy}\, dx$.

(4) δ représente la distribution de Dirac relative à l'origine.

(5) *Cf.* (M), du théorème 3, il suit que la solution de $uT = 0$ est $[H^0, \overline{H}^0, \delta]$. Celle de $(\square + k)T = 0$ est donnée aux théorèmes 4, 5, 6; on résoudrait, de façon analogue, $(\nabla - h)T = 0$.

par $[V_1, V_2, V_3]$ celle de $\omega' T = 0$. On doit avoir, puisque $T = \mathcal{F} U_i$ satisfait à $\omega' T = 0$,

$$\mathcal{F} U_i = \lambda V_1 + \mu V_2 + \nu V_3,$$

où λ, μ, ν sont certaines constantes à déterminer.

En prenant U_1 (et V_1) antisymétriques, U_2, U_3 (et V_2, V_3) symétriques — on peut toujours le faire — on aura, $\mathcal{F}$ conservant la symétrie et l'antisymétrie

$$(1) \qquad \mathcal{F} U_1 = \alpha V_1, \qquad \mathcal{F} U_2 = \alpha' V_2 + \beta' V_3, \qquad \mathcal{F} U_3 = \alpha'' V_2 + \beta'' V_3.$$

On calculera ces constantes, en règle générale, par la formule de Parseval.

Les égalités (1) donnent, ω étant bien choisi, les images de Fourier de certaines distributions S et H pour $p \notin E$ et $k \notin N$; en opérant sur ces transformées par un itéré convenable de $\square$ ou de u, on obtient aussitôt les autres, cela en vertu de formules de récurrence.

A titre d'exemple, pour $\omega = u$, on trouve, outre l'égalité $\mathcal{F}\delta = 1$:

$$(2) \qquad \mathcal{F}(H^0 - \overline{H}^0) = -i\pi a\left(H^{\frac{n-4}{2}} - \overline{H}^{\frac{n-4}{2}}\right) \quad \text{ou} \quad i(-1)^{\frac{n-1}{2}} b(S^{2-n} - \overline{S}^{2-n}),$$

$$(3) \qquad \mathcal{F}(H^0 + \overline{H}^0) = b\left(\mathcal{S}^{2-n} + (-1)^{\frac{n-2}{2}}(S^{2-n} + \overline{S}^{2-n})\right) \quad \text{ou} \quad b\,\mathcal{S}^{2-n},$$

suivant que n est pair ou impair; $a = (4\pi)^{n-2/2}$, $b = a\Gamma[(n-2)/2]$, avec Γ fonction d'Euler. On en tire $\mathcal{F} H^1$, $\mathcal{F} H^2$, ..., car $\square H^k = 2(n - 2k - 4) H^{k+1}$ pour $k \notin N$ (de même pour $\mathcal{F}\overline{H}^1$, ...).

2. *Cas où* $p \in E$ *et* $k \in N$. — Les images des S d'indices $-n$ (et -2 pour n impair) et des H d'indice $(n-2)/2$, d'où toutes les autres découlent par récurrence, peuvent se déduire, mais non immédiatement, de résultats obtenus sous 1. Leurs expressions font intervenir, outre les S et les H, les distributions égales, en dehors du cône $u = 0$, aux fonctions $\log|u|$, $\log^2|u|$, $u^{(2-n)/2+m}\log|u|$ (m entier ≥ 0) [6].

3. *Transformées des solutions invariantes de* $(\square + \varkappa) T = 0$ (n pair, $\varkappa > 0$). — Cette équation a pour solution [7] $[(T_1 - \overline{T}_1), T_2, T_3]$, et celle de sa transformée $(u - \varkappa)\mathcal{F} T = 0$ est $[H^0_\varkappa, \overline{H}^0_\varkappa]$. T_1, $\overline{T}_1$, T_2 sont tempérées, non T_3. Par symétrie, et antisymétrie, on a

$$(4) \qquad \left\{\begin{aligned} \mathcal{F}(T_1 - \overline{T}_1) &= -4i\pi^{\frac{n}{2}}(H^0_\varkappa - \overline{H}^0_\varkappa), \\ \mathcal{F} T_2 &= (-1)^{\frac{n-2}{2}} 4\pi^{\frac{n+2}{2}}\left[\Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right)\right]^{-1}(H^0_\varkappa + \overline{H}^0_\varkappa), \end{aligned}\right.$$

les coefficients se déterminant par le fait qu'on doit retrouver (2) et (3) pour $\varkappa = 0$.

---

[6] Elles sont prolongées dans R^n par le procédé indiqué dans (M), au paragraphe 8.

[7] T_2, déterminée à un coefficient arbitraire près dans (M), est choisie ici de façon que $T_2 \to S^{2-n} + \overline{S}^{2-n} + (-1)^{(n-2)/2}\mathcal{S}^{2-n}$ pour $\varkappa \to 0$.

D'autre part, $(\square+\varkappa)2^{-2}\pi^{(2-n)/2}(T_1+\overline{T}_1)=\delta$, donc

$$(u-\varkappa)\mathcal{F}\left(-2^{-2}\pi^{\frac{2-n}{2}}(T_1+\overline{T}_1)\right)=1.$$

Considérons alors la distribution égale à la fonction $(u-\varkappa)^{-1}$ (non intégrable au voisinage de $u=\varkappa$) pour $u<-\varepsilon_1$, $\varepsilon_1<u<\varkappa-\varepsilon$, $u>\varkappa+\varepsilon$ (ε et $\varepsilon_1>0$, petits), nulle ailleurs. Elle possède, pour $\varepsilon\to 0$, une « valeur principale » et celle-ci tend, pour $\varepsilon_1\to 0$, vers une limite $T_\varkappa$, distribution invariante vérifiant $(u-\varkappa)T_\varkappa=1$. On peut montrer que

$$T_\varkappa=-2^{-2}\pi^{\frac{2-n}{2}}\mathcal{F}(T_1+\overline{T}_1). \tag{5}$$

Cas où $n=4$.

$$T_1-T_1,\quad T_2,\quad T_1+T_1,\quad H^0_\varkappa+\overline{H}^0_\varkappa,\quad H^0_\varkappa-H^0_\varkappa$$

sont les distributions associées, respectivement, aux « fonctions singulières »

$$-2\pi\Delta,\quad -2\pi^2\Delta^{(1)},\quad 4\pi\overline{\Delta},\quad \delta(\varkappa-u),\quad \varepsilon(t)\,\delta(\varkappa-u)$$

des physiciens [8]. Les formules (4) et (5) traduisent donc les égalités symboliques connues $\mathcal{F}\Delta=2i\pi\,\varepsilon(t)\,\delta(\varkappa-u)$, $\mathcal{F}\Delta^{(1)}=2\pi\,\delta(\varkappa-u)$, $\mathcal{F}\,\overline{\Delta}=(\varkappa-u)^{-1}$.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Sur une classe d'équations aux dérivées partielles linéaires.* Note de M. **Jean-Marie Blondel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Pour l'équation d'abord à coefficients variables, puis à coefficients constants, on cherche la solution avec données initiales sur les axes; puis la solution élémentaire au sens de L. Schwartz. L'équation à coefficients constants est ensuite ramenée à un système itéré. On en tire des relations entre fonctions. On signale l'étude d'autres équations.

1. Soit

$$\mathcal{L}\{z\}\equiv\frac{\partial^{2n}z}{\partial x^n\,\partial y^n}+\mathcal{Q}\left(x,y;\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)z=\Phi(x,y) \tag{1}$$

où $\mathcal{Q}$, polynome de dérivation, de degré $<n$ en $\partial/\partial x$, $\partial/\partial y$ séparément; dont les coefficients sont des fonctions de x, y de classe C^∞; Φ, fonction donnée sommable. On cherche la solution de (1) satisfaisant à

$$\frac{\partial^i z}{\partial y^i}(x,0)=f_i(x),\qquad \frac{\partial^i z}{\partial x^i}(0,y)=g_i(y)\qquad (i=0,1,\ldots,n-1), \tag{2}$$

où les f_i et g_i sont données sommables.

([8]) *Cf.* J. Schwinger, *The Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 677-679.

Dans (1) on change partout x en u_n et y en v_n. On intègre (1) dans le domaine défini par

$$0 < u_1 < x, \qquad 0 < v_1 < y,$$
$$0 < u_i < u_{i-1}, \qquad 0 < v_i < v_{i-1} \qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

Par des intégrations par parties et l'introduction d'intégrales de Riemann-Liouville, on ramène l'équation ainsi obtenue à une équation de Volterra de seconde espèce. D'où l'existence et l'unicité de la solution.

Si $\Phi = 0$, on obtient une solution élémentaire au sens de L. Schwartz : Soit $z(x, y)$ la solution de (1) correspondant à

$$f_i(x) = g_i(y) = 0 \quad \text{pour} \quad i = 0, 1, \ldots, n-2; \qquad f_{n-1}(x) = \frac{x^{n-1}}{\Gamma(n)}; \qquad g_{n-1}(y) = \frac{y^{n-1}}{\Gamma(n)}$$

si l'on pose $\Upsilon(u) = 1$ pour $u > 0$; 0 pour $u < 0$, alors

$$\mathcal{E}\left\{ \frac{z(x, y)\Upsilon(xy)}{2} \right\} = \delta_0.$$

2. *Cas particulier.* — Les A_i étant des constantes, la solution générale de (3)

$$\frac{\partial^{2n} z}{\partial x^n \partial y^n} + \sum_{i=0}^{n-1} A_i \frac{\partial^{2i} z}{\partial x^i \partial y^i} = 0$$

est

$$z = \sum_{i=1}^{n} \Big[a_i(x) \underset{(x)}{\star} + b_i(y) \underset{(y)}{\star} \Big] F_i(xy),$$

où $\underset{(x)}{\star}$ désigne une convolution simple en x :

$$a_i(x) \underset{(x)}{\star} F_i(xy) = \int_0^x a_i(x-t) F_i(ty)\, dt.$$

Les fonctions arbitraires a_i et b_i se déterminent en fonction des f_i et g_i. Les $F_i(xy) = \varphi_i(u)$ sont des fonctions entières de u, solutions de (3) satisfaisant à :

$$\varphi_i^{(m)}(0) = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad m+1 \neq i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \\ 1 & \text{si} \quad m+1 = i \qquad (m = 0, 1, \ldots, n-1). \end{cases}$$

La méthode du 1, et celle de G. de Rham (*Colloque Poincaré*, octobre 1954) conduisent à la solution élémentaire :

$$\frac{F_n(xy)\Upsilon(xy)}{2\Gamma(n)}.$$

3. Un choix convenable des constantes λ_i ramène l'équation (3) au système (4) :

$$z_i + \lambda_i \frac{\partial^2 z_i}{\partial x \partial y} = z_{i-1} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{4}$$

où z_1 est la solution de (3) et où z_n est identiquement nulle, si $\star$ indique une convolution double en x, y, si S_p^i indique la somme des produits des quantités $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_i$ prises p à p, avec $S_0^i = S_p^0 = 1$, on a :

$$F_i(xy) = \Gamma(i) \sum_{j=0}^{n-i} \mathop{S}_{i-1}^{j-1+i} J_0\left(2\sqrt{\frac{xy}{\lambda_1}}\right) \star J_0\left(2\sqrt{\frac{xy}{\lambda_2}}\right) \star \ldots \star J_0\left(2\sqrt{\frac{xy}{\lambda_{i+j}}}\right)$$

(J_0 = fonction de Bessel)

4. La méthode du système en cascade du 3 s'applique à l'équation

$$(5) \qquad A_0 z + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{A_{i-1}}{\alpha(x)\beta(y)} + A_i\right] \frac{\partial^{2i} z}{\partial x^i \partial y^i} + \frac{A_{n-1}}{\alpha(x)\beta(y)} \frac{\partial^{2n} z}{\partial x^n \partial y^n} = 0,$$

où les A_i sont des constantes; α et β des fonctions données sommables. On en tire la solution générale et la solution élémentaire de (5) par le changement de variables :

$$u = \int_{x_0}^{x} \alpha(t)\,dt, \qquad v = \int_{y_0}^{y} \beta(t)\,dt.$$

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Notion de suite exacte de faisceaux localement triviale.* Note (*) de M. **René Deheuvels**, présentée par M. Jean Leray.

Les notions de trivialité d'une suite exacte de faisceaux, que nous introduisons ci-dessous, apparaissent naturellement lorsqu'on veut analyser la suite exacte de cohomologie de l'espace à coefficients dans les faisceaux de la suite. Elles seront utilisées dans des Notes suivantes.

1. Soient X un espace topologique, F et G deux faisceaux [1] (définis ponctuellement) de groupes abéliens sur X. Sur chaque ouvert V de X, $F|V$ désignant la restriction du faisceau F à V, définissons (F; G) [V] comme l'ensemble des applications continues de $F|V$ dans $G|V$ appliquant F_x dans G_x pour tout point x de V, muni de la structure de groupe induite par celle de G.

On définit ainsi un faisceau (F; G) sur les ouverts de X, l'homomorphisme $(F; G)[V] \to (F; G)[V']$, lorsque $V \supset V'$ étant la restriction.

Nous désignerons par Hom (F; G) le sous-faisceau de (F; G) que forment les éléments des (F; G) [V] qui sont des homomorphismes (pour tout x, de F_x dans G_x).

Remarque. — On *n'a pas* en général $\mathrm{Hom}(F;G)_x = \mathrm{Hom}(F_x; G_x)$.

Un homomorphisme h du faisceau G dans un faisceau H, induit des homo-

(*) Séance du 28 février 1955.

(1) H. Cartan, *Séminaire de Topologie algébrique*, *E. N. S.*, 1950-1951.

morphismes h^* :

$$(F\,;G) \rightarrow (F\,;H) \qquad \text{et} \qquad \mathrm{Hom}(F\,;G) \rightarrow \mathrm{Hom}(F\,;H).$$

Si h est une inclusion, il en est de même des h^*. Mais si h est un homomorphisme sur, les h^* ne sont pas nécessairement des homomorphisme sur. Les paragraphes suivants donnent des conditions pour qu'il en soit ainsi.

Définition. — L'application identique d'un faisceau sur lui-même est un élément de $\mathrm{Hom}(F\,;F)[X] \subset (F\,;F)[X]$ que nous appellerons *classe fondamentale de* F *sur* X.

2. Soient $B \rightarrow C$ un homomorphisme d'un faisceau (1) B sur un faisceau C, A le faisceau noyau, $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ la suite exacte correspondante. Nous dirons que l'homomorphisme sur : $B \rightarrow C$, ou la suite exacte de faisceau : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$, est *trivial* sur X, si la classe fondamentale de C sur X, $\in (C\,;C)[X]$, est l'image d'un élément de $(C\,;B)[X]$ par l'homomorphisme : $(C\,;B)[X] \rightarrow (C\,;C)[X]$.

L'homomorphisme sur : $B \rightarrow C$, ou la suite exacte de faisceaux :

$$O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O,$$

sera dit *localement trivial* sur X si tout point de X possède un voisinage sur lequel sa restriction est triviale.

Exemple. — Si C est localement constant, toute suite exacte :

$$O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$$

est localement triviale.

Théorème. — *Soient :* $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ *une suite exacte de faisceaux,* F *un faisceau quelconque sur* X, *la condition nécessaire et suffisante pour que la suite d'homomorphismes :*

$$O \rightarrow (F\,;A) \rightarrow (F\,;B) \rightarrow (F\,;C) \rightarrow O$$

soit exacte quel que soit le faisceau F, *est que la suite :* $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ *soit localement triviale sur* X.

3. D'une manière analogue, le second homomorphisme h^* de la fin du paragraphe 1 conduit aux considérations suivantes :

Nous dirons que l'homomorphisme sur : $B \rightarrow C$, ou la suite exacte de faisceaux : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$, est *complètement trivial* sur X, si la classe fondamentale de C sur X, $\in \mathrm{Hom}(C\,;C)[X]$, est l'image d'un élément de $\mathrm{Hom}(C\,;B)[X]$ par l'homomorphisme : $\mathrm{Hom}(C\,;B)[X] \rightarrow \mathrm{Hom}(C\,;C)[X]$.

L'homomorphisme sur : $B \rightarrow C$, ou la suite exacte de faisceaux :

$$O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O,$$

sera dit *localement complètement trivial* sur X, lorsque tout point de X possède un voisinage sur lequel sa restriction est complètement triviale.

Exemple. — Cette dernière condition est remplie lorsque C est localement constant et isomorphe à un groupe libre.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la suite d'homomorphismes :*

$$O \rightarrow \mathrm{Hom}(F;\, A) \rightarrow \mathrm{Hom}(F;\, B) \rightarrow \mathrm{Hom}(F;\, C) \rightarrow o$$

soit exacte quel que soit le faisceau F, *est que la suite exacte de faisceaux :* $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ *soit localement complètement triviale.* Si $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$ *est complètement triviale sur* X, *l'homomorphisme cobord de la suite exacte de cohomologie de* X *à coefficients dans* A, B, C, *est évidemment nul.*

4. Soient F et G deux faisceaux de groupes abéliens sur X,

$$F^p = F \times F \times \ldots \times F$$

le faisceau produit de p faisceaux isomorphes à F. On peut supposer que F opère continûment dans G. Appelons $(F^p;\, G)$, le faisceau des p-cochaînes de F à valeurs dans G et définissons l'homomorphisme cobord Δ :

$$(F^p;\, G) \xrightarrow{\Delta} (F^{p+1};\, G)$$

par, si $\alpha \in (F^p;\, G)$

$$(\Delta\alpha)(f_1, f_2, \ldots, f_{p+1}) = f_1 . \alpha(f_2, \ldots, f_{p+1}) + \sum_{i=1}^{p} (-1)^i (f_1, \ldots, f_i + f_{i+1}, \ldots, f_{p+1}) + (-1)^{p+1}(f_1, \ldots, f_p).$$

On a $\Delta\Delta = o$ et l'on définit ainsi le faisceau $H^p(F;\, G)$ de p-cohomologie de F à valeurs dans G.

En particulier les 2-cocycles symétriques $(\alpha(f_1, f_2) = \alpha(f_2, f_1))$ déterminent un sous-faisceau de $H^2(F;\, G)$ que l'on peut appeler faisceau des extensions abéliennes Ext(F; G) de F par G (on peut développer à partir des notions précédentes une théorie des extensions localement triviales d'un faisceau F par un faisceau G).

Nous utiliserons les considérations précédentes dans des publications à venir.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Spécialisations et dérivations. Application à la définition du cycle caractéristique d'un diviseur.* Note de M. **Pierre Boughon**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient $k(x) = k(x_1, \ldots, x_n)$ une extension régulière de type fini d'un corps k, de caractéristique p, quelconque, Ω un domaine universel pour $k(x)$ donc aussi pour k.

Soit $(t) = (t_1, \ldots, t_d)$ une base de transcendance séparante de $k(x)$ sur k, telle que $k[x]$ soit entier sur $k[t]$.

Soit α un k-isomorphisme de $k(x)$ dans Ω tel que : $\alpha(t_i) = t_i$ $(1 \leq i < d - 1)$, $\alpha(t_d) = t'_d$, $t'_d \in \Omega$ étant transcendant sur $k(x)$.

Nous écrirons d'une façon générale $\alpha(u) = u'$.

THÉORÈME 1. — *Il existe une place* φ *de* $k(x, x')$ *prolongeant la spécialisation* $t'_d \to t_d$ *sur* $K = k(t_1, \ldots, t_{d-1})$ *telle que* $\varphi(y) = y$ *et* $\varphi(y') = y$ *quel que soit* $y \in k[x]$.

Il suffit de montrer que $k(x)$ est une extension régulière de K (¹). Il est clair que $k(x)$ est une extension séparable de K. D'autre part, K est algébriquement fermé dans $k(x)$: considérons en effet la variété (absolue) lieu du point x sur k. Sa section par la variété linéaire L^{n-d+1} d'équations $X_i - t_i = 0 (1 \leqq i < d-1)$ est de dimension 1. Or, on sait qu'elle est complètement irréductible (²), ce qui entraîne le résultat en vertu de la séparabilité.

Soit β l'application k-linéaire de $k[x]$ dans $k(x, x')$ définie par :

$$\beta(y) = \frac{y' - y}{t'_d - t_d}.$$

THÉORÈME 2. — *Quel que soit* $y \in k[x]$, $\beta(y)$ *est dans l'anneau* A *de la place* φ.

Supposons que $\beta(y) \notin A$. Puisque A est l'anneau d'une place $1/\beta(y) \in A$.

L'identité :

$$\text{(1)}\qquad \frac{y'^q t'^r_d - y^q t^r_d}{y' - y} = \frac{y'^q - y^q}{y' - y} . t^r_d + \frac{t'^r_d - t^r_d}{y' - y} . y^q + \frac{y'^q - y^q}{y' - y}(t'^r_d - t^r_d)$$

montre que :

$$\text{(2)}\qquad \varphi\left(\frac{y'^q t'^r_d - y^q t^r_d}{y' - y}\right) = q . y^{q-1} . t^r_d + r . t^{r-1}_d . \varphi\left(\frac{t'_d - t_d}{y' - y}\right).$$

D'autre part, $\varphi \circ \beta$ est un k-endomorphisme additif de $k[x]$, non nécessairement partout défini.

Par conséquent, si f est le polynome minimal de y sur $K(t_d)$, le calcul $\varphi(\beta(f(y)))$ (qui est défini) montre, en vertu de (2), que :

$$\text{(3)}\qquad \varphi\left(\frac{t'_d - t_d}{y' - y}\right) = \frac{-\dfrac{\partial f}{\partial y}}{\dfrac{\partial f}{\partial t_d}}$$

qui n'est pas nul. Donc, $\beta(y) \in A$.

THÉORÈME 3. — *Le k-endomorphisme additif* $\varphi \circ \beta$ *de* $k[x]$ *est la k-dérivation* D_d *de cet anneau qui prend la valeur* 1 *en* t_d.

Ce qui précède montre que $\varphi \circ \beta$ est défini sur $k[x]$. Le résultat est une conséquence directe de la relation (3).

Le procédé habituel de prolongement d'une dérivation définie sur un anneau intègre à son corps des fractions et la relation : $\beta(1/y) = -\beta(y)/yy'$ $(yy' \neq 0)$, montrent que :

(¹) WEIL, *Foundations of Algebraic Geometry*, II, n° 1, théorème 5.

(²) TERUHISA MATSUSAKA, *Kyoto Mathematical Memoirs*, 26, n° 1, juillet 1950.

$\varphi \circ \beta$ *est définie sur* $k(x)$ *et n'est autre que la k-dérivation* D_d *de ce corps qui prend la valeur* 1 *en* t_d.

Application. — *Définition du cycle caractéristique d'une famille de diviseurs dépendant d'un paramètre.*

Soit Θ^1 une courbe non singulière de l'espace $A^n(\Omega)$ admettant k pour corps de définition et soit $(u_1, \ldots, u_n) = (u)$ un point générique P de Θ^1 tel que $k[u]$ soit entier sur $k[u_1]$ et $k(u)$ algébrique et séparable sur $k(u_1)$.

Soit S^m un cycle de dimension m de $\Theta^1 \times A'^m$, admettant k pour corps de définition.

Le couple (Θ^1, S^m) est une Θ-famille $\mathcal{F}$ de diviseurs à un paramètre de l'espace A'^m.

Par définition le diviseur générique $D_{P'}$ de $\mathcal{F}$ est : $\mathrm{pr}_{A'}, [S^m.(P \times A'^m)]$. Un diviseur de $\mathcal{F}$ est obtenu en spécialisant P' en un point $P_0 \varepsilon \Theta^1$.

Soit $P' = (u')$ un point générique de Θ^1 indépendant de P. Considérons le cycle : $C_P = D_P . D_{P'}$. Ses coordonnées de Chow sont dans $k(P, P') = k(u, u')$ donc dans $\sigma_{k(P)}(P')$, anneau d'une valuation discrète : le prolongement de la spécialisation $P' \to P$ sur $k(P)$ est donc unique.

Définition. — *On appelle cycle caractéristique* $C_{PP'}$ *du diviseur générique* D_P *l'unique spécialisation du cycle* $C_P = D_P . D_{P'}$ *sur* $P' \to P$ [*sur* $k(P)$].

Désignons par $X_j (1 \leq j \leq m)$ les fonctions coordonnées dans A'^m. Un système d'équations de C_p est :

$$F(u_1, \ldots, u_n, X_1, \ldots, X_m) = 0,$$
$$\frac{F(u'_1, \ldots, u'_n, X_1, \ldots, X_m) - F(u_1, \ldots, u_n, X_1, \ldots, X_m)}{u'_1 - u_1} = 0,$$

$F = 0$ étant l'équation de S^m et (u') les coordonnées de P'.

Par conséquent :

Théorème 4. — *Lorsqu'il est défini, le cycle intersection des diviseurs d'équations :*

$$F(u_1, \ldots, u_n, X_1, \ldots, X_m) = 0, \qquad D_1 F(u_1, \ldots, u_n, X_1, \ldots, X_m) = 0,$$

D_1 *étant la* $k(X_1, \ldots, X_m)$*-dérivation du corps* $k(X_1, \ldots, X_m)(u_1, \ldots, u_n)$ *qui prend la valeur* 1 *en* u_1, *est le cycle caractéristique du diviseur générique* V_P [3].

Le cycle caractéristique du diviseur D_{P_0} est par définition la spécialisation dans $P \to P_0$ sur $k(P_0)$ du cycle caractéristique du diviseur générique de D_P.

On démontre que C_{P_0} est la spécialisation dans $P \to P_0$ sur $k(P_0)$ du cycle $D_P . D_{P_0}$.

---

(3) Samuel, *La notion de multiplicité en Algèbre et en Géométrie algébrique*, chap. 4, prop. 2.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les treillis formés par les partitions d'un entier et leurs applications à la théorie des probabilités.* Note de M. **Tadepalli Venkata Narayana**, présentée par M. Émile Borel.

1. Étant donné un entier n, nous définissons une r-partition de n comme suit :

Une r-partition de $n\,(t_1, \ldots, t_r)$ est un ensemble de t_i où $t_i \geqq 1$ est un entier pour $i = 1, \ldots, r$, tel que

$$t_1 + \ldots + t_r = n.$$

Nous considérons $(t_1, t_2, \ldots, t_r)$, $(t_2, t_1, \ldots, t_r)$ où $t_1 + \ldots + t_r = n$, comme r-partitions distinctes de n, excepté si $t_1 = t_2$.

Étant donnés deux entiers r, $n\,(1 \leqq r \leqq n)$, considérons toutes les C_{n-1}^{r-1} r-partitions de n. Nous disons que la r-partition de $n(t_1, \ldots, t_r)$ *domine* la r-partition de $n\,(t'_1, \ldots, t'_r)$, si et seulement si,

$$\text{(A)} \qquad \left\{\begin{array}{l} t_1 \geqq t'_1, \\ t_1 + t_2 \geqq t'_1 + t'_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ t_1 + \ldots + t_{r-1} \geqq t'_1 + \ldots + t'_{r-1}. \end{array}\right.$$

Visiblement

$$t_1 + \ldots + t_r = t'_1 + \ldots + t'_r = n.$$

La relation de domination définie par (A) est une relation d'ordre partiel définie sur les r-partitions de n.

Théorème 1. — *Étant donnés deux entiers r, n, $1 \leqq r \leqq n$, les r-partitions de n forment un treillis distributif.*

Supposons que nous numérotions les r-partitions de n, prises dans un ordre quelconque par les symboles $p_1, p_2, \ldots, p_{C_{n-1}^{r-1}}$. Soit x_i le nombre de partitions dominées par p_i dans l'ensemble $p_i, \ldots, p_{C_{n-1}^{r-1}}$, $i = 1, 2, \ldots, C_{n-1}^{r-1}$. Évidemment, la somme $x_1 + \ldots + x_{C_{n-1}^{r-1}} = (n, r)$ est indépendante de l'ordre choisi pour le numérotage et dépend seulement de n et r.

Théorème 2. — *Pour tout entier r, $n(1 \leqq r \leqq n)$, on a*

$$(n, r) = \frac{C_n^r C_n^{r-1}}{n}.$$

Visiblement

$$(n, r) = (n, n - r + 1).$$

2. Appliquons ce résultat à la théorie des probabilité. Supposons que nous ayons deux pièces de monnaies 1 et 2. Les probabilités d'amener face quand on les jette sont respectivement p_1, p_2 et par conséquent, les probabilités d'amener pile sont q_1, q_2 où $q_i = 1 - p_i$, $i = 1, 2$. Nous supposons dans ce qui suit, que $p_1 + p_2 > 1$.

Considérons le jeu G_2 [1] avec les règles suivantes :

1° La première épreuve est faite avec la pièce 1.

2° Pour $n > 1$, la $n^{\text{ième}}$ épreuve est faite avec la pièce 1 ou la pièce 2, selon que le résultat de la $(n-1)^{\text{ième}}$ épreuve était pile ou face.

3° Nous terminons la suite d'épreuves au moment où pour la première fois, le nombre total des faces obtenues — avec les deux pièces — dépasse de deux (exactement) le nombre total des piles obtenues.

Puisque nous avions supposé que $p_1 + p_2 > 1$, la probabilité que le jeu G_2 se termine en un nombre fini, n, d'épreuves, approche de l'unité quand $n \to \infty$.

Nous obtenons l'identité

$$\frac{p_1 p_2}{(1-p_1 q_2)} + \frac{q_1 p_1 p_2^2}{(1-p_1 p_2)^3} + \frac{q_1^2 p_1 p_2^3}{(1-p_1 q_2)^5}(1+p_1 q_2) + \frac{q_1^3 p_1 p_2^4}{(1-p_1 q_2)^7}(1+3p_1 q_2 + p_1^2 q_2^2) + \ldots = 1,$$

où

$$p_1 + p_2 > 1, \qquad p_i = 1 - q_i, \qquad (i = 1, 2),$$

le terme général de cette série étant

$$\frac{q_1^r p_1 p_2^{r+1}}{(1-p_1 q_2)^{2r+1}} \frac{1}{r}(C_r^1 C_r^0 + C_r^2 C_r^1 p_1 q_2 + \ldots + C_r^r C_r^{r-1} p_1^{r-1} q_2^{r-1}).$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes liquides de gravité abordant une plage inclinée sur l'horizon de l'angle : $\alpha = \pi/2q$, (q entier).* Note (*) de M. **Georges Brillouët**, présentée par M. Henri Villat.

Solution la plus générale du problème (cas bidimensionnel). Extension des résultats obtenus dans une Note précédente [1]. Approximation de la forme de la surface libre pour l'onde stationnaire finie sur la rive.

1° Si le domaine liquide $\mathcal{D}$ est limité par Ox (surface libre), Ot (fond), le potentiel complexe $f(z)$ est solution du problème suivant :

Trouver une fonction $f(z)$ analytique dans $\mathcal{D}$, régulière dans $\mathcal{D}$ sauf peut-être en O, telle que

$$\mathcal{I}\left(\frac{df}{dz} + if\right) = 0 \quad \text{sur } Ox; \tag{1}$$

$$\mathcal{I}\left(e^{-i\frac{\pi}{2q}}\frac{df}{dz}\right) = 0 \quad \text{sur } Ot. \tag{2}$$

---

[1] Des jeux semblable à G_2 ont été considérés par l'auteur dans sa Thèse de doctorat : *Sequential Procedures in Probit Analysis* (Université de Caroline du Nord).

(*) Séance du 7 mars 1955.

[1] *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 860.

2. Les méthodes de Stoker ([2]) et Lewy ([3]) montrent que $f(z)$ est alors solution de l'équation différentielle

$$\prod_{j=1}^{q}\left(\frac{d}{dz}-\rho_j\right)f(z)=\mathrm{E}(z) \qquad \left(\rho_j=i\,e^{ij\frac{\pi}{q}}\right). \tag{3}$$

L'expression générale de $\mathrm{E}(z)$ est $\sum_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{B}_n/z^{(2n+1)q}$, série qui est absolument et uniformément convergente dans tout le plan sauf en O ; et dans laquelle les B_n sont réels. Du fait de la linéarité du problème, nous prendrons (4) $\mathrm{E}(z)=\mathrm{B}_n/z^{(2n+1)q}$, le cas traité par Stoker étant le cas $n=0$.

Il faut déterminer $f(z)$ à l'aide des relations (1), (2), (3), (4).

3. Si l'on pose

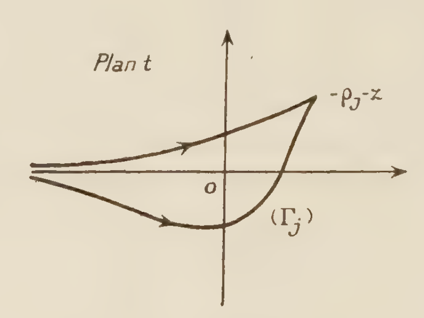
$$a_j=\underset{\zeta=\rho_j}{\text{Résidu}}\,\sqrt{q}\,\frac{\zeta^{q-1}}{(\zeta-\rho_1)\ldots(\zeta-\rho_q)}$$

la méthode de la variation des constantes montre que, pour n fixé, $f(z)$ est une combinaison linéaire à coefficients réels des solutions suivantes :

$$f_0(z)=\sum_{j=1}^{q}a_j\,e^{\rho_j z}, \tag{5}$$

$$f_{1,n}(z)=\sum_{j=1}^{q}a_j\,e^{\rho_j z}\int_{\Gamma_j}\frac{e^t\,dt}{t^{(2n+1)q}}, \tag{6}$$

où Γ_j désigne un chemin composé de deux branches qui partent, dans le plan t, de $-\infty$ sur l'axe réel, laissent l'origine entre elles, et aboutissent au point $-\rho_j z$, qui est ici tel que $\mathcal{R}(-\rho_j z)\geqq 0$.



La solution la plus générale du problème du paragraphe 1 est alors une combinaison linéaire finie ou infinie, à coefficients réels, des solutions (5) et (6) où n prend des valeurs entières $\gtreqless 0$ quelconques.

([2]) *Quart. Appl. Math.*, 5, n° 1, 1947, p. 1-54.

([3]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, n° 9, 1946, p. 737-775.

4. L'étude à l'origine et à l'infini dans $\mathcal{D}$ des solutions (5) et (6) montre que :

a. $f_0(z)$ est régulière dans $\mathcal{D}$, bornée à l'infini, telle que, sur la surface libre, $\pi f_0(x) \approx \pi a_q e^{-ix}$ (solution R. B);

b. $f_{1,n}(z)$ pour $n < 0$ est un polynome en z (solutions R);

c. $f_{1,n}(z)$ pour $n \geq 0$ est singulière à l'origine, où elle admet une singularité logarithmique pour $n = 0$ (solution S. L) un pôle d'ordre $2nq$ pour $n \neq 0$ (solutions S); elle est bornée à l'infini dans $\mathcal{D}$ et sur la surface libre :

$$\frac{1}{2}(2nq + q - 1)!\, f_{1,n}(z) \approx i\pi a_q e^{-ix}.$$

5. L'alternative du paragraphe 6 et les conclusions du paragraphe 7 de la Note précédente [1] subsistent intégralement.

Une prochaine Note étudiera l'extension de ces résultats au cas : $\alpha = (p\pi/2q)$ (Lewy, *loc. cit.*), pour lequel l'alternative en question ne subsiste plus.

6. De la formule (6) pour $n = 0$, on déduit assez facilement l'expression donnée par Friedrichs [4], et l'on peut obtenir des expressions analogues dans les cas $n < 0$ et $n > 0$.

7. Posons sur la surface libre $z = x$: $\varphi_0(x) = \mathcal{R} f_0(x)$; $\varphi_0(x)$ représente, à un facteur constant près, l'élévation du niveau liquide pour l'onde stationnaire finie sur la rive. On peut montrer que le développement en série entière de $\varphi_0(x)$ est le suivant :

$$\begin{aligned}\frac{1}{\sqrt{q}}\varphi_0(x) = 1 - b_1\frac{x}{1\,!} + b^2\frac{x^2}{2\,!} - \ldots + (-1)^{q-1} b_{q-1}\frac{x^{q-1}}{(q-1)\,!}\\ + (-1)^q \frac{x^{2q}}{(2q)\,!}\left[1 - b_1\frac{x}{(2q+1)} + b_2\frac{x^2}{(2q+1)(2q+2)} + \ldots + \frac{(-1)^{q-1} b_{q-1} x^{q-1}}{(2q+1)\ldots(3q-1)}\right]\\ + \frac{x^{4q}}{(4q)\,!}\left[1 - b_1\frac{x}{4q+1} + \ldots + (-1)^{q-1} b_{q-1}\frac{x^{q-1}}{(4q+1)\ldots(5q-1)}\right] + \ldots,\end{aligned}$$

avec

$$b_j = \operatorname{cotg}\alpha \operatorname{cotg} 2\alpha, \ \ldots, \ \operatorname{cotg} j\alpha \qquad (j = 1, 2, \ldots, q-1).$$

On peut en déduire aisément la comparaison de $\varphi_0(x)$ avec son expression approchée : $\sqrt{q}\, J_0\left(2\sqrt{x/\operatorname{tg}\alpha}\right)$ fournie par la théorie en eau peu profonde (*cf.* Stoker, *loc. cit.*).

Le polynome formé par les q premiers termes du développement donnent une excellente approximation de $(1/\sqrt{q})\varphi_0(x)$ près de la rive. Par exemple, pour $q = 15$ ($\alpha = 6°$), l'erreur sera, pour $x \leq 7$, ce qui correspond aux calculs faits par Stoker (*loc. cit.*), inférieure à 1.10^{-6} [5].

---

[4] *Comm. Pure Appl. Math.*, **1**, n° 2, 1948, p. 109-134.

[5] Le graphique donné par Stoker (*loc. cit.*) dans le cas $q = 15$ pour $\varphi_0(x)$ est erroné.

ASTROPHYSIQUE. — *Relations entre la fréquence critique de la couche* F_2 *de l'ionosphère à Fribourg et les centres d'activité solaire pendant les années* 1948-1951. Note de M. **Paul Simon**, présentée par M. André Danjon.

On définit un indice ionosphérique pour la fréquence critique de la couche F_2. Son utilisation permet de mettre en évidence une relation statistique entre le passage au méridien central du Soleil de taches radioélectriquement actives et les tempêtes ionosphériques de la couche F_2.

On admet généralement qu'il existe une corrélation entre les tempêtes géomagnétiques et les tempêtes ionosphériques. J. F. Denisse (1) a mis en évidence un contrôle de l'activité géomagnétique par les taches solaires en introduisant la notion de tache radioélectriquement active (tache R) et radioélectriquement calme (tache Q). Nous avons cherché à établir si un contrôle du même genre s'exerçait sur la couche F_2 de l'ionosphère. Nous avons utilisé les sondages effectués à Fribourg (Allemagne) par le service de Prévision Ionosphérique Militaire. Ces observations ont commencé de façon régulière le 1er mars 1948, des tempêtes ionosphériques de type récurrent se sont établies en 1952 : nous nous sommes limités à la période s'étendant du 1er mars 1948 au 31 décembre 1951.

Indice ionosphérique. — La fréquence critique de la couche F_2 est mesurée au cours de sondages horaires. A toute heure h d'un jour j on peut attribuer un indice I_{jh} défini comme le rapport de la fréquence critique de l'heure h du jour j à la moyenne des fréquences critiques de la même heure h des jours $j-13$ à $j+13$, ces deux jours compris. La moyenne de plusieurs de ces indices peut servir à caractériser l'état de la couche F_2 pour une période plus ou moins longue de la journée. Nous avons été amenés à utiliser deux indices : l'un I_N pour les heures nocturnes obtenu en utilisant les observations de 00 et 04 h, l'autre I_D pour les heures diurnes en utilisant les observations de 11 et 17 h. Nous avons pu vérifier que ces indices caractérisaient de façon correcte le degré d'ionisation de la couche F_2 pour la période considérée.

Pour étudier le contrôle de la couche F_2 par les taches, nous appliquons la méthode des époques superposées (2) séparément aux indices I_N et I_D. Le jour 0 est celui du passage des taches au méridien central du Soleil.

Résultats. — Sur les figures 1 et 2 on voit que les courbes qui correspondent aux 97 taches Q ne montrent aucune variation moyenne significative de l'un ou l'autre des indices I_N et I_D. Alors que le passage de ces taches Q s'accompagne d'une diminution de l'activité géomagnétique, il est remarquable que la fréquence critique de F_2 ne présente aucune augmentation moyenne.

Avec les 73 taches R, on observe une diminution moyenne significative de l'indice I_N des jours $+2$ à $+6$ inclus, alors qu'aucune variation significative

(1) *Ann. Geophys.*, 8, 1952, p. 55.

(2) C. Chree et J. M. Staag, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 227, 1928, p. 21.

n'apparaît pour l'indice I_D. Si l'on considère une diminution de la fréquence critique de F_2 d'au moins 10 % sa probabilité durant des heures nocturnes, pour un jour quelconque des quatre années étudiées est de 19 % ; pour chacun

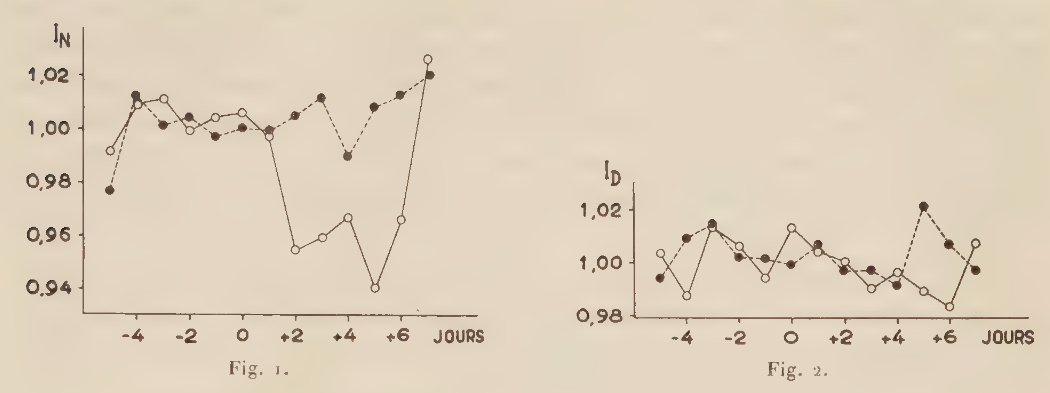


Fig. 1. Fig. 2.

Courbes de l'indice ionosphérique moyen pour les heures nocturnes (*fig.* 1) et pour les heures diurnes (*fig.* 2) au cours du passage de —○—○— 73 taches R, —●——●— 97 taches Q.

des jours +2 à +6 inclus, pour les mêmes heures, elle devient de 32 %. Si l'on ne retient que les 25 taches R présentant des éruptions dont l'intensité optique a été notée 3 par au moins un observatoire, la diminution moyenne est plus grande et la probabilité légèrement supérieure (39 %). Autant qu'on puisse s'en rendre compte étant donné le petit nombre de cas rencontrés (36 éruptions 3 ou 3+), il semble que l'abaissement soit en rapport plus étroit avec le passage d'une tache qu'avec l'observation d'une éruption.

La diminution nocturne est à rapprocher des observations de l'absorption ionosphérique sur 2 Mc/s à Prince Rupert, effectuées par K. Davis et E. L. Haag [3] : ils remarquent qu'elle présente, avec l'activité géomagnétique, un bon coefficient de corrélation la nuit (0,7) alors que ce coefficient est faible le jour (0,17). D'autre part, la diminution de fréquence critique de la couche F_2 que nous mettons en évidence ici est un phénomène dont la durée s'étend d'une demi-journée à plusieurs jours et n'est pas comparable au " fade out " de courte durée (quelques heures au plus) qui accompagne souvent les éruptions solaires.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le calcul approximatif des sections efficaces de photo-ionisation atomique. I. L'emploi des fonctions d'onde hydrogénoïdes pour les états continus.* Note de M. **Michael John Seaton**, présentée par M. André Danjon.

Les fonctions d'onde de Bates et Damgaard sont employées pour les états quantifiés et les fonctions hydrogénoïdes pour le spectre continu. Les résultats numériques obtenus pour les transitions $np \to kd$ sont valables quand la série $n'd$ est presque hydrogénoïde.

(3) *J. Atm. Terr. Phys.*, 6, 1955, p. 18.

Les sections efficaces de photo-ionisation interviennent dans divers problèmes de physique et d'astrophysique. On a fait des calculs détaillés pour certains cas particuliers ; des formules plus générales avaient été déjà suggérées par Bates ([1]) et par Vainshtein et Yavorsky ([2]), mais ces méthodes ne semblent guère utilisables pour une tabulation plus systématique. Pour les transitions entre les états quantifiés, Bates et Damgaard ([3]) ont obtenu une méthode plus générale en employant les fonctions d'onde $P_c(n^\star, l; r)$ données par le développement asymptotique de la solution de l'équation radiale, $n^\star$ étant le nombre quantique effectif. Nous considérons l'extension de cette méthode au problème de la photo-ionisation.

Une première approximation est obtenue en employant les fonctions $P_c(n^\star, l; r)$ pour les états quantifiés (n, l) et les fonctions hydrogénoïdes pour les états continus $(k, l\pm 1)$, qui donne les sections aux limites spectrales proportionnelles ([4]) aux carrés des intégrales

$$\sigma^{(c)}_{l\pm 1}(n^\star, l) = \int_0^\infty P_c(n^\star, l; r)\, r\sqrt{\pi r}\, J_{2(l\pm 1)+1}\left(\sqrt{8zr}\right) dr, \tag{1}$$

z étant la charge de l'ion résiduel. Cette approximation doit être valable quand la série n', $l\pm 1$ est presque hydrogénoïde et quand les intégrales (1) ne sont pas anormalement petites. Le tableau I donne des résultats numériques pour $(z/n^\star)^2 \sigma^{(c)}_{l+1}(n^\star, p)$, qui ne dépend pas de z, et le tableau II donne quelques comparaisons avec des calculs plus précis (dans chaque cas pour la limite spectrale).

Tableau I.

$$\left(\frac{z}{n^\star}\right)^2 \sigma^{(c)}_{l+1}(n^\star, p).$$

$n^\star$........	1,00	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\left(\frac{z}{n^\star}\right)^2\sigma$...	0,00	1,53	2,50	3,08	3,07	2,40	+1,19	−0,24	−1,49	−2,21	−2,19
$n^\star$........	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
$\left(\frac{z}{n^\star}\right)^2\sigma$...	−1,46	−0,29	+0,93	1,79	2,00	1,51	+0,50	−0,65	−1,54	−1,86	−1,50

Tableau II.

		Na $3p\to kd$.	Na $4p\to kd$.	Mg^+ $3p\to kd$.	Si^+ $3p\to kd$.	Si^+ $4p\to kd$.
$\left(\frac{z}{n^\star}\right)^4\sigma^2$	Tableau I............	3,0	3,1	0,5	9,1	5,0
	Autres calculs........	2,6 ([5])	2,6 ([5])	0,1 ([6])	9,0 ([6])	5,1 ([6])

([1]) *Month. Not.*, **106**, 1946, p. 423.

([2]) *Dokl. Ak. Nauk. U. R. S. S.*, **89**, 1953, p. 813.

([3]) *Phil. Trans.*, A., **242**, 1949, p. 101.

([4]) Bates, *Month. Not.*, **106**, 1946, p. 432.

En employant les résultats de la table I, on peut calculer les coefficients α (unités $cm^3\ s^{-1}$) pour la recombinaison radiative (7). En général, les σ_{l-1} sont nettement plus petits que les σ_{l+1} (4), (5), (6) et peuvent être négligés. Aussi, puisque les coefficients α sont peu sensibles à la dépendance sur l'énergie des sections, nous pouvons obtenir une première approximation en employant des variations hydrogénoïdes. Le tableau III donne quelques coefficients pour Na qui sont nécessaires pour une comparaison avec les résultats d'expériences de laboratoire (C. Joslet et L. Herman, communication privée) et pour O qui sont utiles pour l'interprétation de certains spectres stellaires (E. M. Burbidge et G. R. Burbidge, communication privée).

TABLEAU III.

	Sodium.				Oxygène.	
État	$3p$.	$4p$.	$5p$.	$6p$.	$3p\,^3p$.	$3p\,^5p$.
Température (°K)	10^2	10^2	10^2	10^2	10^4	10^4
$10^{13}\times\alpha$	300	140	76	46	1,1	8,8

CALORIMÉTRIE. — *Étalonnage expérimental du microcalorimètre Calvet.* Note (*) de M. **Gaston Laville**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons montré (1) que la théorie du microcalorimètre Calvet se réduisait à connaître :

1° La réponse $u_2 t = \Sigma C_\nu (1 - e^{-\lambda_\nu t})$ à la quantité de chaleur $q = t\Upsilon(t)$ dégagée dans la cellule.

2° La dérive du zéro $e(t) = -\Sigma\alpha_\nu e^{-\lambda_\nu t}$ produite par la variation $\Upsilon(t)$ de la température extérieure.

On peut montrer qu'il suffit de connaître $u_2(t)$ car ses coefficients C_ν sont, à un facteur près, ceux α_ν de $e(t)$.

En effet, l'état permanent étant établi, le flux dégagé compense les pertes. D'où $1 = P\Sigma C_\nu$ et comme $1 = \Sigma\alpha_\nu$, $\Sigma(\alpha_\nu - PC_\nu) = 0$.

Nous écrirons donc : $u_2(t) = 1/P - (1/P)\Sigma\alpha_\nu e^{-t/\tau_\nu}$.

Il reste à déterminer expérimentalement les valeurs numériques de P, α_ν, τ_ν, et l'on pourra ensuite résoudre les deux problèmes : *a.* trouver à partir d'un enregistrement la quantité de chaleur $q(t)$ dégagée ; *b.* corriger l'enregistrement en cas de dérive du zéro. Pour cela une seule expérience préliminaire suffit.

---

(5) Rudkjøbing, *Publ. Køb. Obs.*, n° 124, 1940.

(6) Biermann et Lübeck, *Z. Astr.*, 26, 1949, p. 43.

(7) Seaton, *Month. Not.*, 111, 1951, p. 368.

(*) Séance du 7 mars 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1060.

Injectons dans la cellule un flux de chaleur constant produit par le passage d'un courant connu dans une résistance connue. L'enregistrement obtenu sera reporté, très agrandi, sur une feuille de papier. On constate, que même dans les cas défavorables, cette courbe est presque une exponentielle et qu'en tout cas, on commet une erreur négligeable en la représentant par la formule à deux termes :

$$(1)\qquad f(t)=\frac{1}{P}\left(\alpha_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}}+\alpha_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}}\right)\qquad \text{avec}\quad \alpha_1+\alpha_2=1.$$

Le second terme est très petit α_2 et τ_2 étant très petits vis-à-vis de α_1 et τ_1.

L'ordonnée à l'origine $f(0)$ est mesurée et l'on en déduit de suite $P=1/f_{(0)}$.

Intégrons graphiquement la courbe $f(t)$ par la méthode de Massau ([2]). On obtient, en la rapportant à son asymptote, une seconde courbe $g(t)$ disposée comme $f(t)$ et sous celle-ci.

$$(2)\qquad g(t)=\frac{1}{P}\left(\alpha_1\tau_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}}+\alpha_2\tau_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}}\right).$$

Construisons enfin la courbe $g(t)/f(t)$. Si c'est une droite d'ordonnée constante τ_1, $f(t)=(1/P)\,e^{-t/\tau_1}$ et $u_2(t)=(1/P)(1-e^{-t/\tau_1})$.

En général $g(t)/f(t)$ n'est pas tout à fait constant. Éliminons e^{-t/τ_2} entre (1) et (2) :

$$(3)\qquad g(t)-\tau_2 f(t)=\frac{\alpha_1(\tau_1-\tau_2)}{P}\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}.$$

On construira donc la courbe $h(t)$ en retranchant des ordonnées de $g(t)$ les ordonnées de $f(t)$ multipliées par un facteur convenable τ_2. Alors

$$h(t)=\frac{\alpha_1(\tau_1-\tau_2)}{P}\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}$$

est une exponentielle exacte, ce qui se vérifie avec précision. Sur cette exponentielle on mesure τ_1 ainsi que son ordonnée à l'origine $h(0)=\alpha_1(\tau_1-\tau_2)/P$ et ainsi se trouvent déterminées toutes les valeurs de α_1, $\alpha_2=1-\alpha_1$, τ_1, τ_2, P et τ.

Restitution de $q(t)$ à partir de l'enregistrement $y(t)$.

On a

$$y=\frac{d}{dt}\int_0^t u_2(t-u)\,q'(u)\,du.$$

Posons :

$$\begin{cases} I_1=\displaystyle\int_0^t q'(u)\,e^{-\frac{t-u}{\tau_1}}\,du \\ I_2=\displaystyle\int_0^t q'(u)\,e^{-\frac{t-u}{\tau_2}}\,du. \end{cases}$$

([2]) *Voir* d'Ocagne, *Calcul graphique et Nomographie*, Doin, Paris, 38.

On trouve :

$$y = \frac{1}{P}\left[\frac{\alpha_1}{\tau_1}I_1 + \frac{\alpha_2}{\tau_2}I_2\right], \qquad \int_0^t y\,dt = \frac{1}{P}\left[-\alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 + q(t)\right],$$

$$\int_0^t dt \int_0^t y\,dt = \frac{1}{P}\left[\alpha_1\tau_1 I_1 + \alpha_2\tau_2 I_2 - \tau q + \int_0^t q\,dt\right].$$

L'élimination de I_1 et I_2 suivie d'une dérivation conduit à l'équation différentielle :

$$\tau q' + q = P\left[\tau_1\tau_2 y' + (\tau_1 + \tau_2) y + \int_0^t y\,dt\right]$$

dont la solution est :

$$q = P\left[\tau y + \int_0^t y\,dt - \frac{\alpha_1\alpha_2(\tau_1 - \tau_2)^2}{\tau_2} e^{-\frac{t}{\tau}} \int_0^t y'(t)\, e^{\frac{t}{\tau}}\,dt\right]$$

ou encore

$$q = P\left[\tau y + \int_0^t y\,dt - \frac{\alpha_2}{\alpha_1}\frac{P^2 h(0)^2}{\tau} . e^{-\frac{t}{\tau}} \int_0^t y'(t)\, e^{\frac{t}{\tau}}\,dt\right]$$

où ne figurent plus que des quantités connues par l'étalonnage préalable. La restitution de q s'obtient par des intégrations graphiques immédiates. Lorsque $\alpha_2 = 0$ on retrouve la formule de Tian-Calvet.

Correction de la dérive. — La température extérieure variant suivant $\theta_3 = \psi(t)$ la dérive est $\delta = -P\int_0^t f(u)\,\psi'(t-u)\,du$ où $f(t)$ est la fonction déterminée plus haut. Ce produit de composition se calcule aisément par voie graphique, comme nous le montrerons ultérieurement. Le cas, où $\psi(t) = at$ et où $\alpha_2 = 0$ donne immédiatement la dérive indiquée par Calvet

$$\delta = -\alpha\tau\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right).$$

MAGNÉTOSTATIQUE. — *Les conditions aux limites pour les milieux magnétiques de perméabilité infinie.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans les traités classiques ([1]), on indique simplement que les lignes d'induction sont normales ou tangentes à la surface limitant le milieu $\mu = \infty$. Nous allons voir qu'il y a d'autres possibilités et nous préciserons les conditions de validité des hypothèses habituelles.

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) *Voir* par exemple : L. V. Bewley, *Two-dimensional Fields*; MacMillan, New York, 1948, p. 68 et 152; E. Durand, *Electrostatique et Magnétostatique*, Masson, Paris, 1953, p. 542-545.

Soient θ et θ_0 les angles que forment les lignes d'induction avec la normale à la surface de séparation de deux milieux de perméabilité μ et μ_0 ; les conditions aux limites pour μ fini s'écrivent

$$B_0 \cos \theta_0 = B \cos \theta, \tag{1}$$

$$\frac{B_0}{\mu_0} \sin \theta_0 = \frac{B}{\mu} \sin \theta. \tag{2}$$

Notons d'abord que lorsque $\mu \to \infty$, les champs magnétiques $\vec{H} = \vec{B}/\mu$ et $\vec{H}_0 = \vec{B}_0/\mu_0$ restent finis. Cela résulte du théorème d'Ampère selon lequel la circulation de $\vec{H}$ le long d'une courbe fermée est toujours égale à l'intensité totale du courant à travers une surface qui s'appuie sur la courbe. Dans ces conditions il y a deux cas à envisager :

1° *Le champ magnétique* $\vec{H}$ *est nul dans le milieu* $\mu = \infty$. — L'induction $\vec{B}$ peut alors garder une valeur finie puisqu'elle se présente sous la forme $(\infty \times 0)$ Il en est de même pour l'intensité d'aimantation $\vec{M}$ qui est alors égale à $\vec{B}/\mu_0$. D'après (2), il y a deux possibilités :

a. Si $\vec{B}_0$ est différent de zéro, on a $\theta_0 = 0$, c'est-à-dire que les lignes d'induction abordent normalement la surface de séparation du côté μ_0. L'angle θ peut prendre une valeur quelconque.

b. Si $B_0 = 0$, d'après (1) on a alors $\theta = \pi/2$, c'est-à-dire que les lignes d'induction dans le milieu $\mu = \infty$ sont parallèles à la surface. (On peut imaginer que $\vec{B}_0 \to 0$ et que θ_0 reste toujours nul.)

2° *Le champ magnétique* $\vec{H}$ *n'est pas nul.* — L'induction $\vec{B}$ est alors infinie ainsi que l'intensité d'aimantation $\vec{M}$. Pour que $\vec{B}_0$ reste fini, il faut d'après (1), que l'on ait $\theta = \pi/2$; cette expression prend la forme

$$B_0 \cos \theta_0 = 0 \times \infty. \tag{3}$$

Il y a deux cas à considérer suivant la vraie valeur de (3) :

a. La vraie valeur de (3) est nulle. Dans ces conditions (3) donne $\theta_0 = \pi/2$; on ne peut, en effet, avoir $B_0 = 0$ car ceci entraînerait $\vec{H} = 0$ d'après (2), et ceci nous ramènerait au cas précédent.

La double condition $\theta = \theta_0 = \pi/2$, nous montre que les lignes d'induction sont, de part et d'autre, parallèles à la surface ; il n'y a donc plus réfraction des lignes d'induction.

b. La vraie valeur de (3) n'est pas nulle. L'angle θ_0 peut alors prendre une valeur quelconque.

Pour calculer un système contenant une substance de perméabilité très grande (disons $\mu > 1000$), on a une bonne approximation et une grosse simpli-

fication en faisant $\mu = \infty$. Mais pour mettre le problème en équation, il est nécessaire de savoir *a priori* à quel type de conditions on a affaire, parmi les quatre que nous venons de signaler.

Le cas $H = 0$ est facile à prévoir On sait que les masses magnétiques sont les sources de $\vec{H}$. Pour que ce dernier soit nul, il suffit que l'on puisse trouver une distribution de ces masses magnétiques, qui annule dans le blindage le champ B_i/μ_0 dû aux courants influençants. Cela est possible si le système

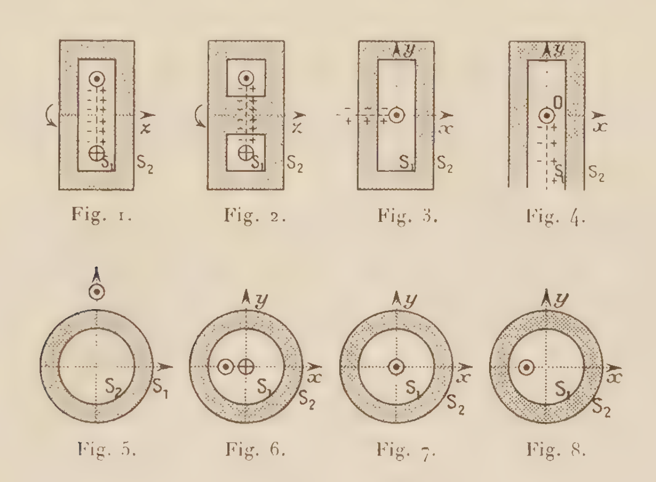


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.
Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

magnétique équivalant aux courants influençants ne coupe pas la surface du blindage; c'est impossible dans le cas contraire. Par exemple si l'on a un courant linéaire (rectiligne indéfini ou circulaire), c'est le feuillet qui est le système magnétique équivalent; dans le cas des figures 2, 3, 7, 8, il coupe la surface du blindage et l'on ne peut avoir $H = 0$ pour ces systèmes. Dans le cas des figures 1 et 4 au contraire, le feuillet ne coupe pas la surface du blindage et l'on a $H = 0$; il en est toujours ainsi quand le courant est en dehors du blindage, comme dans la figure 6. Dans ces derniers systèmes on a $\theta_0 = 0$ sur la surface S_1 qui est du côté des courants influençants et $B_0 = 0$ sur l'autre surface S_2; l'angle θ est égal à $\pi/2$ sur S_2 et il est quelconque sur S_1.

Le cas $\vec{H} \neq 0$ se rencontre avec les systèmes où n'apparaît pas de magnétisme libre comme dans la figure 7 relative à un courant rectiligne dans l'axe d'un cylindre creux. $\vec{H}$ est donc égal à $\vec{H}_i = \vec{B}_i/\mu_0$ des courants influençants. On a immédiatement la solution, même si μ est fini; B_0 est différent de zéro de chaque côté du blindage et, à l'intérieur de ce dernier, $B = \infty$, $\theta = \pi/2$.

En superposant un système du type $\vec{H} = 0$ avec un système du type $\vec{H} = \vec{H}_i$, on obtient un système mixte pour lequel $B = \infty$, $\theta = \pi/2$ sur S_1 et S_2. A l'extérieur, on a $B_0 \neq 0$ et θ_0 quelconque. Par exemple en superposant les systèmes des figures 6 et 7, on obtient le système mixte de la figure 8. Si on

conserve une valeur grande, mais finie pour μ, dans les systèmes du type $\vec{H} = \vec{H}_i$, on peut ajouter leur induction à la valeur finie de l'induction des systèmes du type $\vec{H} = 0$ et l'on a alors une bonne approximation.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Valeur du pouvoir séparateur théorique de l'objectif électrostatique à immersion.* Note de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

En utilisant les propriétés des trajectoires électroniques dans le voisinage de la cathode émissive, et la loi d'émission de Lambert, nous montrons que la formule ordinairement admise pour le pouvoir séparateur théorique ne constitue pas une limite absolue, et nous donnons une évaluation nouvelle de cette limite.

Le pouvoir séparateur (P. S.) de l'objectif à immersion a déjà fait l'objet de nombreux calculs, avec des résultats très dispersés; ces différences tiennent à une différence de méthode, suivant que l'on détermine *le diamètre minimum* d'un pinceau électronique élémentaire, ou que l'on recherche *la répartition de l'intensité* dans la même région. Dans le premier cas, le P. S. est donné par $\delta_1 = 1,2\overline{\Phi}_0/E_0$ (1); $\overline{\Phi}_0$ est la vitesse la plus probable de sortie exprimée en Volt, et E_0 le champ extracteur. Cette dimension représente le diamètre du cercle de moindre confusion, et correspond à un angle d'émission de 45°; dans le plan « de Gauss » on aurait $\delta_G = 2\overline{\Phi}_0/E_0$. Pour $\overline{\Phi}_0 = 0,1$ V et $E_0 = 40$ kV/cm : $\delta_1 = 30$ mμ. Le deuxième cas n'a été étudié jusqu'à présent que par Recknagel (2), qui fait intervenir la diffraction; le P. S. serait alors de l'ordre de grandeur de λ_0, longueur d'onde correspondant à $\overline{\Phi}_0$: $\delta_2 = \lambda_0[(1/\lambda_0)(\overline{\Phi}_0/E_0)]^{1/4}$; dans l'exemple envisagé : $\delta_2 = 6$ mμ.

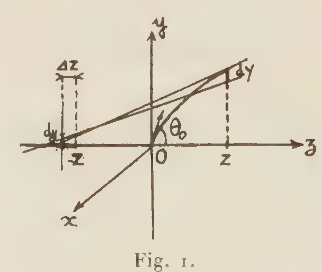


Fig. 1.

Considérons les électrons issus d'un point objet O, dont les trajectoires sont situées dans un plan zOy (fig. 1) et dont la vitesse de départ est $\overline{\Phi}_0$. Dans le proche voisinage de la cathode, ces trajectoires sont des arcs de paraboles, car E_0 est constant. Le faisceau des tangentes menées à l'abscisse Z enveloppe

(1) L. A. Arcimovitch, *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 8, 1944, p. 313.

(2) A. Recknagel, *Z. Phys.*, 120, 1943, p. 331.

une caustique virtuelle, dont l'objectif, *supposé parfait*, donnera une image réelle, le plan conjugué du plan $(-Z)$ constituant le plan image de Gauss. Si on s'en tient, pour simplifier, au cas cylindrique, tous les électrons traversant un segment dY semblent provenir d'un segment objet virtuel dy. En prenant une répartition électronique en $A\cos\theta_0$, avec $2A = N_0$, nombre total d'électrons émis dans le plan zOy, et si on ne considère que les objectifs à haut P. S., c'est-à-dire où E_0 est très grand (20 à 50 kV/cm par ex.) on arrive finalement au système d'équations :

$$\left\{\begin{array}{l} n = \dfrac{N_0}{4\Phi_0/E_0}\left(k + \dfrac{1-2\cos^2\theta_0}{\cos\theta_0}\right)^{-1} \\ y = 2\dfrac{\overline{\Phi}_0}{E_0}\sin\theta_0\,(k - \cos\theta_0) \end{array}\right.$$

qui représentent dans chaque plan de section du faisceau (dont la position est donnée par la valeur de k), la répartition de la densité électronique $n = f(y)$ en coordonnées paramétriques. k est défini par $\Delta Z/2\sqrt{Z} = k(\Phi_0/E_0)^{1/2}$. Le « plan de Gauss » correspond à $k = 0$; on retrouve bien la formule donnant la variation du diamètre du faisceau dans les théories géométriques précédentes (la formule donnant y est vraie également en symétrie de révolution) : $y = (\overline{\Phi}_0/E_0)\sin 2\theta_0$ soit $\delta_G = 2y_G = 2\overline{\Phi}_0/E_0$. Nous avons tracé les courbes $n = f(y)$ pour différentes valeurs de k (voir *fig.* 2) : L'aire de la courbe est

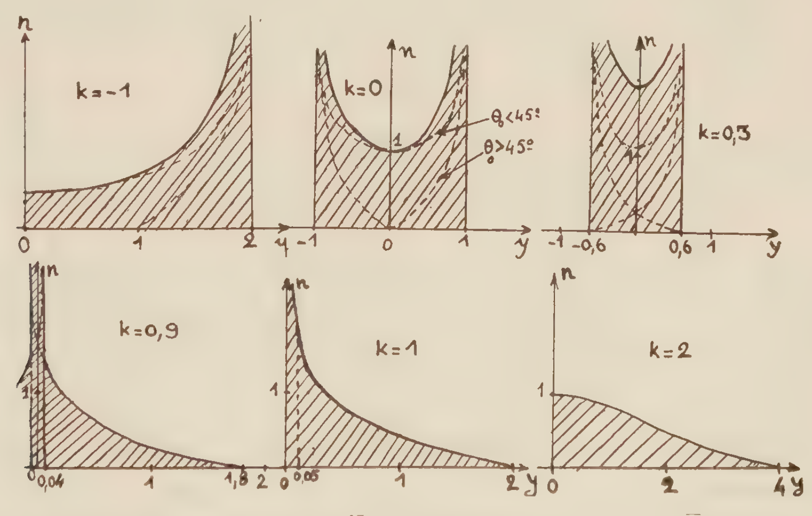


Fig. 2. — Abscisses : 1 unité $= \overline{\Phi}_0/E_0$; ordonnées : 1 unité $= N_0/(4\overline{\Phi}_0/E_0)$.

finie au voisinage des valeurs de y pour lesquelles n est infini, l'aire totale étant égale à N_0. La figure 2 montre l'évolution de n dans des plans se rapprochant de la pointe de la caustique, puis la dépassant. Pour $k = 0,3$, le faisceau est le plus étroit, et l'on retrouve bien $2y_1 = 1,2\Phi/E_0$. *Mais la mise au point sera*

meilleure si elle se fait dans le plan conjugué du plan $k=1$; le faisceau y présente un point très lumineux entouré d'un halo large, peu éclairé : 40 % des électrons sont compris entre les valeurs $y_3 = \pm 0,05\overline{\Phi}_0/E_0$. On peut donc considérer la valeur $\delta_3 = 0,1\,\overline{\Phi}_0/E_0$ comme le P. S. associée à $\overline{\Phi}_0$.

Pour une vitesse différente, $\Phi_0 = a\overline{\Phi}_0$ on aurait des répartitions qualitativement identiques, les plans précédents étant affectés des coefficients $k\sqrt{a}$; pour tenir compte des différentes vitesses, il faudrait considérer l'intensité résultante. Mais le spectre des vitesses étant très étroit, surtout dans le cas d'émission thermoélectronique, le nombre d'électrons correspondant à Φ_0 décroît rapidement lorsqu'on s'écarte de $\overline{\Phi}_0$, et la répartition initiale sera peu modifiée. On aura un bon ordre de grandeur du P. S. théorique en prenant $d_{th} = 2\delta_3$ soit $d_{th} = 0,2\overline{\Phi}_0/E_0$. Dans l'exemple vu plus haut : $d_{th} = 5\,m\mu$.

Le P. S. d_{th} ainsi déterminé est meilleur que celui donné par la formule de Recknagel, mais toujours de l'ordre de $\lambda_0 (\lambda_0 = 4\,m\mu$, pour $\overline{\Phi}_0 = 0,1$ V), et *six fois meilleur que* δ_1. Nous parvenons à un résultat très raisonnable, car il est normal que l'optique géométrique fournisse une valeur inférieure à celle de l'optique ondulatoire.

Cette étude montre de plus : *a.* qu'on ne peut améliorer ce P. S. en diaphragmant les faisceaux élémentaires, sauf si l'on réduit l'ouverture en dessous de $\theta_0 = 30°$ (qui donne $y = 0,05\,\Phi_0/E_0$ pour $k=1$); *b.* qu'il est effectivement possible d'obtenir *expérimentalement* des P. S. meilleurs que δ_1 ; on ne pourra toutefois atteindre d_{th} car les aberrations de l'objectif lui-même, de l'ordre de 10 mμ, interviendront ([3]).

LUMINESCENCE. — *Sur les sulfures de zinc à luminogène or. Action du fer.* Note (*) de M. Noubar Arpiarian, présentée par M. Jean Cabannes.

Détermination de l'optimum de fluorescence de ZnS (Au). Influence du titre en Fe dans ZnS (Au, Fe) : renforcement de la luminescence aux faibles concentrations (effet sensibilisateur), affaiblissement aux fortes concentrations (effet extincteur ou poison). Existence d'une isochrone d'équilibre.

L'or est cité dans la littérature comme luminogène possible du sulfure de zinc ([1]), mais, à notre connaissance, aucune étude systématique n'avait encore été entreprise sur ce sujet.

Notre travail a porté sur du sulfure de zinc hexagonal (wurtzite), obtenu

---

([3]) A. Septier, *Ann. Radioélect.*, 9, 1954, p. 374.

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) S. T. Henderson, *Proc. Roy. Soc. London*, A 173, 1939, p. 323 ; F. A. Kröger, *J. Opt. Soc. Amer.*, 39, 1949, p. 670.

par calcination à 1 150° en creusets brasqués avec 3 % de ClNa comme fondant. L'addition d'or était faite sous forme de chlorure jaune. Pour chaque concentration d'or, plusieurs échantillons étaient préparés séparément afin de tenir compte des fluctuations qui peuvent se produire dans la calcination.

Nous avons d'abord déterminé la concentration d'or donnant le maximum d'intensité de fluorescence. Pour cela, nous avons fait varier le titre τ entre 0 et $3 \times 2,17 \cdot 10^{-3}$ g Au : g ZnS. Les produits ont été longuement excités par de la lumière de Wood (3 650 Å), filtrée par un verre à l'oxyde de nickel de 1 cm d'épaisseur et une solution saturée de SO_4Cu de 2 cm d'épaisseur. L'intensité de luminescence a été mesurée à 20° à l'aide d'un phototube multiplicateur IP 22.

Les résultats sont résumés par la figure 1, où se trouvent portés en abscisse log (τ/2,17) et en ordonnée l'intensité de luminescence sous excitation constante, en unités arbitraires. L'ordonnée du maximum est la moyenne des mesures sur 10 échantillons préparés séparément.

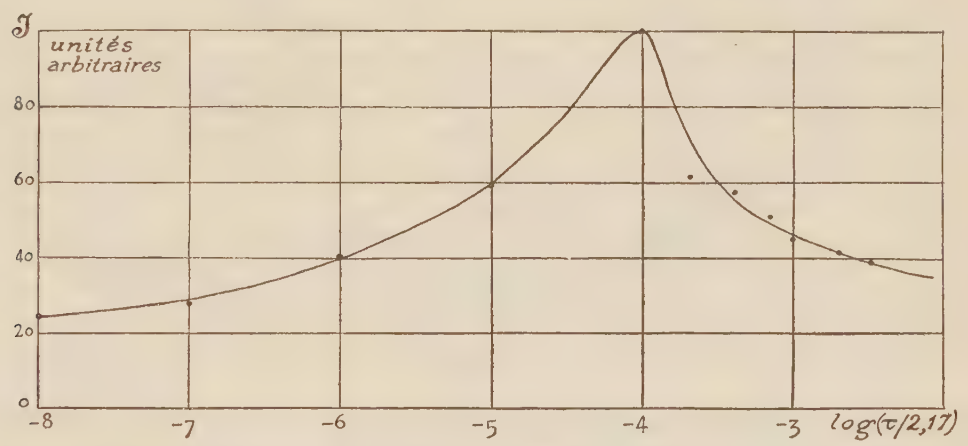


Fig. 1. — Influence du titre τ de l'or sur l'intensité de fluorescence de ZnS (Au).

L'optimum de fluorescence a lieu, pour ces produits, au voisinage de $\tau_0 = 2,17 \cdot 10^{-4}$, titre en Au qui correspond atome pour atome au titre en Cu $0,7 \cdot 10^{-4}$, légèrement inférieur à l'optimum de fluorescence de ZnS (Cu) [2]. Cette remarque suggère *a priori* une analogie entre les mécanismes d'activation de ces deux luminogènes.

La courbe ne part pas de zéro, car le sulfure de zinc pur additionné de 3 % de ClNa et calciné comme décrit ci-dessus est fluorescent. Sa fluorescence est de l'ordre de 15 à 20 % de celle de ZnS (Au) optimum.

Ayant arrêté notre choix sur le titre $2,17 \cdot 10^{-4}$ g Au : g ZnS, nous avons étudié une série de produits ayant cette même teneur en or, et de titres atomiques x rapportés à l'or variant de 1 à 100 % de fer. Les mesures de déclin

(2) A. Guntz, *Thèse*, Paris, 1925, p. 12.

ont porté sur les produits de titres 1, 2, 3, 4, 5, 7,5, 10, 12,5, 15, 20, 30, 50, 75, 100 % (deux échantillons de chacun).

On constate (*fig.* 2) l'existence d'une isochrone d'équilibre très vite atteinte (10 s) et située en dessous de l'isochrone zéro.

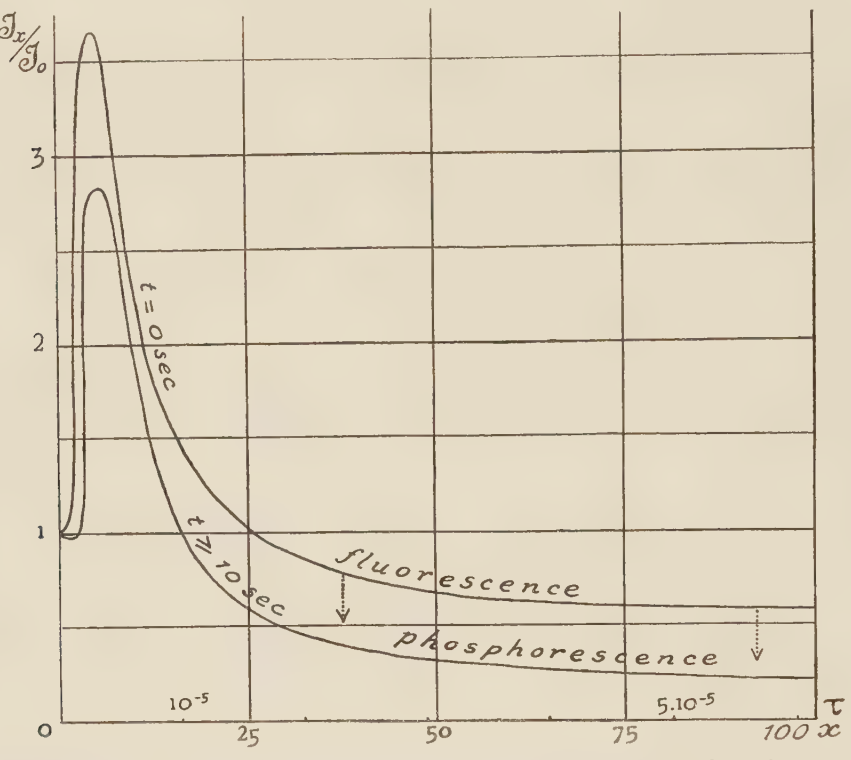


Fig. 2. — Courbes isochrones du rapport $\mathcal{J}_x/\mathcal{J}_0$ de l'intensité de luminescence de ZnS (Au, Fe) à celle de ZnS (Au) en fonction du titre τ et du titre atomique x en fer.

Pour les titres < 25 %, il y a renforcement de l'intensité, avec un maximum très accentué au voisinage de 5 % (l'intensité est triplée).

Au-delà du titre 25 % apparaît l'effet extincteur.

Il faut donc admettre que l'adjonction de fer à ZnS(Au) provoque un double effet :

1° Un effet prévisible d'extinction (effet poison ou tueur), apparent surtout aux fortes concentrations de fer.

2° Un effet renforçateur de la luminescence aux faibles concentrations, masquant alors l'effet extincteur.

Ce renforcement pourrait être attribué à un mode spécial de sensibilisation dont le mécanisme resterait à préciser. Nous n'avons pas connaissance qu'il ait jamais été signalé.

Pour ZnS(Cu, Fe), on observe bien l'existence d'une isochrone d'équilibre

et de l'effet extincteur, mais l'effet renforçateur ne se manifeste pas ([3]). L'explication donnée pour l'isochrone d'équilibre est encore valable ici.

D'autre part, dans des essais effectués sur ZnS(Cu, Co) par J. Saddy et moi-même ([4]), l'aspect particulier des courbes isochrones pourrait peut-être s'interpréter d'une manière analogue.

RAYONS X. — *Sur les spectres d'absorption* L *de l'or dans le métal pur et dans les alliages or-palladium*. Note (*) de M. **Chintamani Mande**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'auteur a étudié les spectres d'absorption L de l'or dans le métal pur et dans deux alliages or-palladium. On trouve dans le cas des alliages que les trois discontinuités L sont déplacées vers les grandes longueurs d'onde et que la forme de la discontinuité L_{III} est modifiée.

Aux cours des diverses études sur les spectres des rayons X des métaux et des alliages qui ont été faites par Mlle Cauchois et ses collaborateurs au Laboratoire de Chimie Physique de l'Université de Paris, j'ai été amené à étudier les spectres d'absorption L de l'or, dans le métal pur et dans deux alliages or-palladium. L'alliage A contient 88 % d'or en poids (79,9 % d'atomes d'or), tandis que l'alliage B contient 55 % d'or en poids (39,8 % d'atomes d'or).

Les spectres ont été obtenus en utilisant un spectrographe à focalisation par transmission, de 40 cm de diamètre, équipé avec un cristal de mica; je me suis servi des plans $(\bar{2}01)$. Les microphotogrammes ont été obtenus, avec des agrandissements de 7 et de 50 fois au moyen d'un appareil de Moll modifié au laboratoire, en particulier par adjonction d'une cellule photoélectrique et d'un amplificateur.

On voit que (tableau I) les valeurs des longueurs d'onde des trois discontinuités L pour le métal pur trouvées par moi-même concordent avec celles données par Mlle Cauchois ([1]). Cependant, en ce qui concerne les alliages, les discontinuités semblent être déplacées vers les grandes longueurs d'onde. Pour les alliages, les discontinuités L_{II} et L_{III} sont déplacées d'environ 1,8 eV, tandis que L_I est déplacée de 2,5 eV. Il est intéressant de noter que Semat ([2]) a observé que la discontinuité L_{III} pour Au_2O_3 est déplacée vers les grandes longueurs d'onde par rapport à celle du métal pur, de $1{,}4 \pm 0{,}7$ eV.

Nous avons fait une série de mesures afin d'étudier la forme de la discontinuité L_{III} dans le métal pur et dans ces deux alliages. Les discontinuités d'absorption ont une forme compliquée (voir figure), contrairement à ce que

([3]) N. Arpiarian, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 387.

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1948.

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 465.

([2]) H. Semat, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 688.

l'on aurait pu croire à la suite de la théorie de Weisskopf et Wigner (3). La forme générale de L_{III} de l'or pur obtenue dans ce travail paraît être la même que celle trouvée par Semat ou par Richtmyer, Barnes et Ramberg (4), avec spectromètre à deux cristaux, mais la résolution de la structure fine semble être



meilleure ici. Du côté des courtes longueurs d'onde des discontinuités principales, nous trouvons deux maxima donnant l'impression qu'il existe deux discontinuités secondaires. Les positions de ces maxima dans la courbe d'absorption L_{III} du métal pur, telles qu'elles furent trouvées par ces différents chercheurs, sont comparées dans le tableau II. On notera que, en ce qui concerne les alliages, ces maxima sont progressivement déplacés vers les grandes énergies. Ce déplacement des maxima est indiqué sur le tableau III.

Nous avons également mesuré les largeurs idéalisées de ces discontinuités L_{III}, suivant la convention de Sandström (5). Tandis que les largeurs respectives des discontinuités L_{III} des deux alliages sont les mêmes, elles sont un peu plus grandes que celle du métal pur. Les largeurs sont les suivantes :

Au pur...........	10,2 eV	± 1 eV.
Alliage A.........	14,0 eV	
» B.........	14,0 eV	

(3) V. Weisskopf et E. Wigner, *Z. Physik*, 63, 1930, p. 54.

(4) F. K. Richtmyer, S. W. Barnes et E. Ramberg, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 843.

(5) A. E. Sandström, *Phil. Mag.*, 22, 1936, p. 497.

Semat donne 14,6 ± 0,7 eV comme valeur de la largeur idéalisée de la discontinuité L_{III} de l'or pur. D'après les courbes de Richtmyer, Barnes et Ramberg, elle paraît être d'environ 10 eV, ce qui s'accorde avec la valeur que nous avons obtenue.

TABLEAU I.

		Absorption.		
		L_I	L_{II}	L_{III}
λ en u. x. d'après Cauchois (or pur)...		861,63	900,74	1 037,84
Or pur	λ (u. x.)................	861,62	900,70	1 037,86
	$\frac{\nu}{R}$	1 057,62	1 011,73	878,03
	E (eV).................	14 357,2	13 734,3	11 919,2
Alliage A	λ (u. x.)...............	861,77	900,82	1 038,03
	$\frac{\nu}{R}$	1 057,44	1 011,60	877,88
	E (eV).................	14 354,7	13 732,5	11 917,3
	ΔE (eV)...............	2,5	1,8	1,9
Alliage B	λ (u. x.)...............	861,77	900,79	1 038,01
	$\frac{\nu}{R}$	1 057,44	1 011,63	877,90
	E (eV).................	14 354,7	13 732,9	11 917,5
	ΔE (eV)...............	2,5	1,4	1,7

TABLEAU II.

	d_1.	d_2.
Semat..........	∼12	∼20
Richtmyer, Barnes et Ramberg.....	∼10	∼20
Auteur..........	12,8	24,5

TABLEAU III.

	d_1.	d_2.
Au pur..........	12,8	24,5
Alliage A........	16,1	29,7
Alliage B........	20,2	32,9

d_1, distance en eV entre le premier maximum et le point d'inflexion; d_2, distance en eV entre le deuxième maximum et le point d'inflexion.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Excitation par interaction coulombienne du thallium.* Note de MM. **Roland Barloutaud**, **Tovy Grjebine** et **Michel Riou**, présentée par M. Francis Perrin.

L'excitation coulombienne par protons de $^{203,205}Tl$ permet d'observer des raies γ de 205, 280 et 410 keV. On détermine les courbes d'excitation en cible épaisse et les sections efficaces absolues.

Heydenburg et Temmer (1) ont observé l'excitation coulombienne dans le thallium naturel (203 : 29,5 % ; 205 : 70,5 %) par émission d'une raie γ

(1) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 352.

vers 220 keV. Mc Clelland et Goodman ont, d'autre part, observé une raie γ de 380 keV (2). Nous avons repris cette étude à l'aide de l'accélérateur Van de Graaff de Saclay dont les protons frappent une cible épaisse de thallium naturel. Les rayonnements γ sont détectés par un spectromètre à scintillations [NaI(Tl)] placé à environ 10 cm de la cible. Pour absorber les rayonnements X et ceux dus au bruit de fond, des écrans de Cd(3,5 mm) et de Cu(1 mm) étaient placés devant le cristal. Nous avons constaté que le rapport d'intensité entre les raies γ étudiées et le bruit de fond (photons de freinage et de réactions par protons), toujours élevé à cause de la faible intensité des raies γ, est le plus favorable avec un cristal de grandes dimensions (diamètre et épaisseur : 3,81 cm), dont, en plus, le rendement pour les raies étudiées est voisin de 1.

La figure 1 représente le spectre γ obtenu avec des protons de 4,28 MeV.

La raie de 279 keV s'identifie à celle de même énergie de ^{203}Tl émise après émission β de ^{203}Hg (3) et capture *e* de ^{203}Pb (4), (5), (6). Nous pensons que

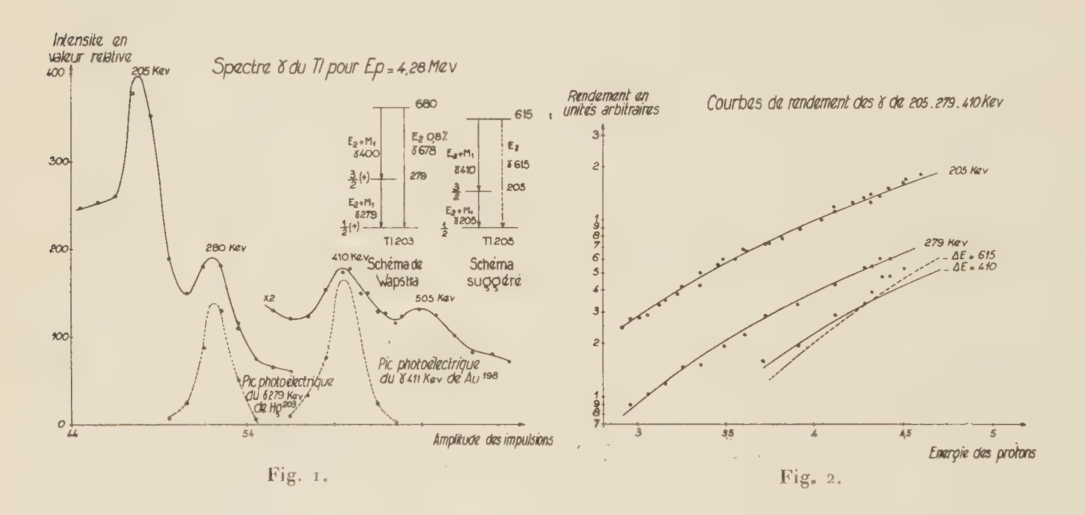


Fig. 1.

Fig. 2.

les raies de 205 ± 4 et 410 ± 6 keV sont aussi attribuables à l'excitation coulombienne de Tl, ceci d'après leur intensité et la proportion d'impuretés dans la cible analysée spectroscopiquement (7).

La figure 2 représente les courbes d'excitation des trois raies γ obtenues entre 3 et 4,6 MeV en déduisant du spectre du thallium le fond déterminé dans

(2) *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 760.

(3) N. Marty, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 291.

(4) Wapstra, *Physica*, 20, 1954, p. 169.

(5) Varma, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 795.

(6) Prescott, *Proc. phys. Soc.*, A 67, 1954, p. 254.

(7) La présence de traces de Hg ne permet pas d'expliquer la raie de 410 keV par excitation de ^{198}Hg.

les mêmes conditions avec du plomb. Les trois courbes ont été normalisées d'après les rapports d'intensité des pics photoélectriques à 4,3 MeV. Les courbes théoriques ont été calculées d'après la formule d'Alder et Winther donnant la section efficace d'excitation quadrupolaire électrique, et d'après le pouvoir d'arrêt des protons dans le plomb. L'accord entre les points expérimentaux et les courbes théoriques montre que les raies de 205 et 279 keV sont émises après excitation de niveaux de ces énergies; pour la raie de 410 keV, la précision est insuffisante pour trancher sur la valeur exacte du niveau excité dans les limites de 400 à 700 keV.

Les sections efficaces ont été calculées en comparant les intensités des trois pics photoélectriques obtenus avec la cible de Tl à 4,3 MeV et celle du pic de la raie γ de 279 keV émise par une source de ^{203}Hg d'intensité absolue connue, placée dans la même position que la cible. On obtient ainsi une section efficace pour l'excitation du niveau de 280 keV de ^{203}Tl par des protons de 4 MeV : $\sigma = (1,8 \pm 0,4).10^{-28}$ cm^2, ceci en admettant un coefficient de conversion interne $\alpha = 0,27$ ([6]), ce qui conduit à une période de désexcitation E_2 : $T_{E_2} = (7,8 \pm 1,8).10^{-10}$ s et à une période globale de désexcitation (mélange $M_1 + E_2$) :

$$T = \frac{1}{(1+\alpha)^2}\frac{E_2}{M_1+E_2}(1 \pm 0,2).10^{-9}\ \text{s} = (4,3 \pm 1,3).10^{-10}\ \text{s},$$

d'après les valeurs de ([4]), ce qui est à peu près compatible avec les valeurs directes $(10 \pm 4).10^{-10}$ s ([8]), $< 4.10^{-10}$ s ([9]), $< 2.10^{-9}$ s ([10]).

De la même façon, on obtient une section efficace d'excitation du niveau de 205 keV, $\sigma = (2,4 \pm 0,6)(1+\alpha).10^{-28}$ cm^2 (α est compris entre 1,5 et 0,3 pour une désexcitation $M_1 + E_2$), si l'on attribue ce niveau à ^{205}Tl, ce qui est le plus probable, puisque, s'il appartenait à ^{203}Tl il aurait été observé par radioactivité ([11]). L'excitation du niveau de 205 keV de ^{205}Tl serait vraisemblablement $1/2 \rightarrow 3/2$ comme celle du niveau de 280 keV de ^{203}Tl. La période de désexcitation E_2 serait alors $4,4.10^{-9}/1+\alpha$ s.

La raie de 410 ± 6 keV a une énergie trop élevée pour être assimilée uniquement à la raie de 400 ± 3 keV émise à partir du niveau de 680 keV de ^{203}Tl ([2]), ([3]), ([4]). La largeur du pic photoélectrique, anormalement élevée, pourrait laisser supposer qu'elle est complexe : la raie de 400 keV de ^{203}Tl et une raie vers 410 keV attribuable à ^{205}Tl. Par analogie avec le schéma de niveaux de ^{203}Tl, cette raie serait émise à partir d'un niveau de 615 keV environ, ce qui n'est pas incompatible avec la courbe d'excitation. Nous n'aurions pu

---

([8]) METZGER, *B. A. P. S.*, **29**, 1954, n° 4, p. 39.

([9]) MC GOWAN, *Phys. Rev.*, **85**, 1952, p. 142.

([10]) ENGELDER, *Phys. Rev.*, **90**, 1953, p. 259.

([11]) Ce niveau à 205 keV vient d'ailleurs d'être mis en évidence dans le ^{205}Tl par radioactivité de ^{205}Hg (Jordan, communication privée).

observer les raies γ de 680 et 615 keV à cause du faible rapport d'embranchement de la désexcitation directe [20 % dans ^{203}Tl (4)] et de la diminution avec l'énergie du rendement du cristal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations thermiques de divers bioxydes de manganèse.* Note (*) de MM. **Jean Brenet** et **Alfred Grund**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a mis en évidence par thermogravimétrie le comportement variable de bioxydes de manganèse suivant leur activité catalytique et dépolarisante, ce comportement pouvant être en relation avec cette activité même.

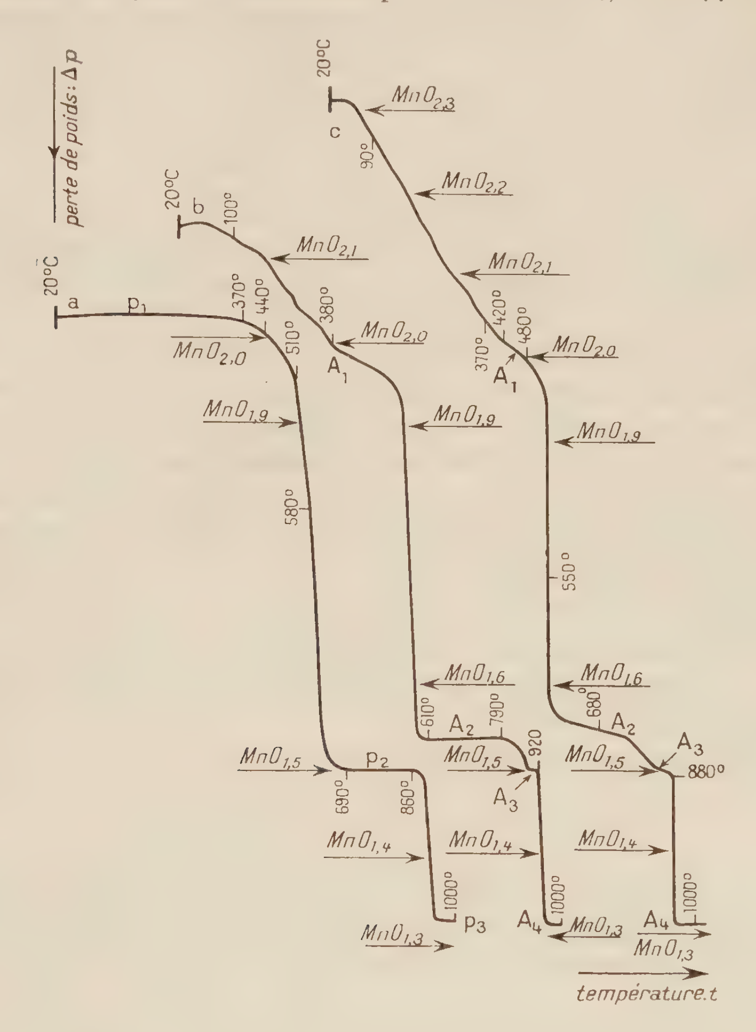
Trois types de bioxydes de manganèse chimiquement purs et d'activités catalytiques et dépolarisantes diverses ont été étudiés par thermogravimétrie à la balance de Chevenard. Le premier P est formé de pyrolusite inactive. Le second γ, issu de P, est activé chimiquement ; il est formé de $MnO_2\gamma$. Le troisième E, préparé par oxydation anodique est aussi formé de $MnO_2\gamma$ et son activité est comparable à celle de γ. Les courbes *a*, *b*, *c*, relatives respectivement à P, γ, et E, donnent la perte de poids en fonction de la température. Pour P il apparaît un palier p_1 se terminant par une partie arrondie traduisant une perte de poids progressive dès 400° environ. A 500° la perte de poids est rapide et aboutit au palier p_2 relatif à $Mn_2O_3\alpha$ stable jusqu'à 870°. Par une nouvelle perte de poids rapide on obtient le palier p_3 correspondant à Mn_3O_4. Pour γ nous avons en premier lieu une perte de poids progressive, pas très régulière avec une amorce de palier A_1 vers 350-400°. Ensuite vers 420° la courbe montre un arrondi suivi d'une discontinuité due à une perte de poids rapide avec apparition du palier A_2 correspondant à la formation d'une variété stable jusqu'à 790° environ. Une perte de poids assez brutale mais faible aboutit au palier A_3 nettement plus court. Pour E l'allure générale de la courbe est la même que pour γ mais le palier A_2 possède une pente différente de zéro, ce qui indique une transformation progressive.

Pour déterminer les formules des composés formés par décomposition thermique, nous avons pris comme base de calcul la variété αMn_2O_3 cubique seule parfaitement définie (1) stœchiométriquement, ce qui n'est pas le cas pour les bioxydes, qu'ils soient chimiquement purs ou d'origine naturelle d'ailleurs. Pour P, le palier p_1 correspond alors à la formule $MnO_{2,02}$ et le palier p_3 à Mn_3O_4. Dans le cas de γ et E, les formules ainsi calculées sont indiquées sur les courbes, mais il est évident que l'équilibre électrostatique entre Mn^{4+}, Mn^{2-} et O^{2-} doit être réalisé par la présence de H^+. La formule MnO^2 apparaît

(*) Séance du 7 mars 1955.

(1) Cole, Wadsley et Walkley, *Trans. Elec. Soc.*, 92, 1947, p. 133.

vers 380° pour γ et vers 480° pour E. Les formules MnO_n avec n de l'ordre de 2,20 sont conformes aux vues déjà exprimées sur la présence de OH^- ou de H_2O dans les variétés actives. La perte de poids initiale est due au départ de H_2O mais dès que la formule est proche de MnO_2, vers 440° pour P et



vers 380 ou 480° pour les variétés γ ou E, il y a départ d'oxygène. Ces formules se retrouvent si l'on admet que le défaut à 100 révélé par analyse chimique sur les bioxydes actifs est dû à H_2O. Dans le cas de P, la formule $MnO_{2,02}$ est en accord avec les observations par diffraction électronique ([2]) montrant la présence de traces des variétés MnO_2 α ou γ sur la surface des cristaux de pyrolusite. Les conceptions théoriques du mécanisme de l'activation et de la dépolarisation ou de la catalyse devront alors tenir compte de ces faits. En

---

([2]) BRENET, FORESTIER et BOISSIER, *Congrès Microscopie électronique*, Paris, 1950, édition *Revue d'Optique*, 1952.

particulier on pourrait envisager, à côté d'une activité d'origine structurale, une activité due à une certaine acidité protonique ou de Lewis suivant la coordination des ions Mn ou des ions en insertion dans le réseau des bioxydes. La vitesse de départ de H_2O qui peut être conditionnée par la vitesse de diffusion à travers le réseau solide, se traduit par la pente de la courbe de perte de poids entre 20 et 400° environ et cette pente pourrait être en relation avec l'activité dépolarisante. Ceci tend à confirmer une hypothèse déjà faite ([3]) reliant l'activité à la présence de H_2O.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur la dissociation de l'oxyde de titane et sur sa réduction par l'oxyde de carbone.* Note de MM. **Pierre Assayag, Maurice Dodé** et **René Faivre**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les divers travaux relatifs aux oxydes de titane se révèlent assez confus. Si certains auteurs admettent, entre les oxydes TiO_2 et Ti_2O_3, l'existence d'oxydes bien définis, tel Ti_3O_5, ils semblent ignorer celle des domaines de miscibilité entre TiO_2 et Ti_2O_3 mis en évidence par Ehrlich ([1]), par une étude de diffraction de rayons X : une phase unique α, type rutile, de TiO_2 à $TiO_{1,9}$, un domaine à deux phases de $TiO_{1,9}$ à $TiO_{1,8}$, une autre phase unique β, mal définie, de $TiO_{1,8}$ à $TiO_{1,7}$.

La détermination expérimentale des conditions d'équilibre de la réduction de l'oxyde titanique TiO_2 par un réducteur tel que l'oxyde de carbone devait permettre de vérifier l'existence de tels domaines de miscibilité, et éventuellement de préciser leurs limites.

La réaction stœchiométrique de réduction :

$$\frac{1}{x}\,TiO_2 + CO = \frac{1}{x}\,TiO_{2-x} + CO_2.$$

où TiO_{2-x} représente la composition globale du produit solide, a été étudiée, par mesure du rapport $R = p_{CO_2}/p_{CO}$ des pressions partielles de CO_2 et de CO en équilibre avec les oxydes de titane, pour des températures comprises entre 840 et 1250°C.

Une pompe à circulation en verre ([2]) permettait de recycler le mélange gazeux sur le produit solide jusqu'à ce que sa composition soit devenue invariable. Celle-ci était obtenue par mesure de la pression régnant dans une partie de l'appareil, avant et après condensation du CO_2 par l'air liquide. Un étalonnage préalable en présence de CO pur permettait de corriger la pression lue en présence d'air liquide.

([3]) Wadsley et Walkley, *Rev. Pure and Applied Chemistry Australian*, 1, n° 4, 1951, p. 203.

([1]) *Z. Elektrochem.*, 45, 1939, p. 362-370.

([2]) B. Schoeps, *Bull. Soc. Chim.*, 5, n° 18, 1951, p. 798.

Les expériences ont été conduites en partant de TiO_2 et de CO purs; on faisait varier ensuite à volonté la composition de la phase solide par passage des gaz sur de l'amiante sodée qui retenait le CO_2 formé dans la réduction.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous les pressions de CO_2 mesurées à l'équilibre, à 901 et à 1009° C, la pression de CO étant de 580 mm de mercure.

$2-x$	1,977	1,959	1,926	1,97	1,95	1,92	1,908
p_{CO_2} (mm Hg)	23,5	1,25	1,25	52,5	4	2	2

Pour toutes les températures comprises entre 840 et 1250° C, on constate que le rapport R diminue lorsque x croît depuis 0 jusqu'à environ 0,06. Le système est donc bivariant dans ce domaine, ce qui prouve qu'il n'existe qu'une seule phase solide. Pour x supérieur à 0,06, le rapport R paraît bien, au contraire, être indépendant de x; la variance est donc diminuée d'une unité, ce qui met en évidence l'apparition d'une deuxième phase solide. On peut ainsi prévoir que de TiO_2 à $TiO_{1,94}$ environ le réseau du TiO_2 se conserve; au-delà, deux phases solides sont en équilibre.

L'analyse aux rayons X du produit de formule globale $TiO_{1,89}$ met effectivement en évidence :

a. une phase rutile orthorhombique, dont le réseau est légèrement déformé, et que nous appellerons phases α, comme Ehrlich. Les paramètres de cette phase sont $a = 4,59$ Å et $c = 2,89$ Å contre 4,57 et 2,95 Å pour le rutile TiO_2;

b. une phase que nous n'avons pas pu identifier, que nous appellerons β, comme Ehrlich, mais qui n'est certainement pas du Ti_2O_3.

Ces résultats confirment donc ceux d'Ehrlich et, en ce qui concerne le TiO_2, ceux de Moore (³) qui a montré que les monocristaux synthétiques de rutile ne sont pas forcément des composés stœchiométriques. Il existe donc au moins un oxyde intermédiaire entre TiO_2 et Ti_2O_3, mais cet oxyde n'a pas lui non plus une composition strictement stœchiométrique.

La possibilité d'existence de rutiles non stœchiométriques permet de comprendre la formation de produits d'un bleu plus ou moins foncé lors du chauffage de TiO_2, dans le vide, au-dessus de 1000° C, et qui proviennent bien, comme on l'admettait, d'une légère dissociation du rutile. Nous avons en effet réussi à mettre en évidence l'oxygène dégagé dans cette décomposition et même à déterminer l'ordre de grandeur des tensions d'équilibre :

t° C.	$2-x$.	p (mm).	t° C.	$2-x$.	p (mm).
1045	1,998	2,4	1230	1,996	6,34
	1,993	$< 0,1$		1,992	0,71
1133	1,997	4,21	1258	1,995	8,18
	1,993	$< 0,1$		1,992	1,15
1161	1,996	4,52		1,989	$< 0,1$
	1,993	0,24			

(³) *Mining Transactions*, 184, 1949, p. 194-199.

Tous ces produits, examinés aux rayons X, se sont montrés avoir conservé la structure du rutile. On constate, de plus, que si l'on part de la forme allotropique du TiO_2 appelée anatase, toute décomposition, si faible soit-elle, fournit toujours un produit de structure rutile. La transformation de l'anatase en rutile accompagne donc toute perte d'oxygène de la forme stœchiométrique TiO_2.

L'existence d'une telle dissociation serait difficilement explicable si la structure rutile ne pouvait être que strictement stœchiométrique, et s'il n'existait pas d'oxydes intermédiaires. En effet, les grandeurs thermodynamiques standard ([4]) fournissent $1,9.10^{-10}$ mm de Hg contre 2,4 mesurés pour la pression de dissociation du TiO_2 en Ti_2O_3 à 1045°C, si bien que pour interpréter le phénomène comme dû à une miscibilité de ces deux oxydes, il faudrait admettre que l'activité du Ti_2O_3 ait la valeur extrêmement faible de $2,6.10^{-10}$, soit un coefficient d'activité de l'ordre de 10^{-7}, ce qui est exceptionnellement bas.

Mais du fait de l'existence d'un oxyde intermédiaire, et peut-être même de plusieurs, la différence d'enthalpie entre TiO_2 et Ti_2O_3 ne représente nullement la chaleur mise en jeu dans la réaction de dissociation du TiO_2. Il est vraisemblable que celle-ci est nettement plus faible que la valeur moyenne que l'on calcule à partir des grandeurs standard des tables; de plus, il n'est nullement impossible que la chaleur de fixation de l'oxygène sur la phase rutile non stœchiométrique elle-même ne soit d'autant plus faible que la composition est plus voisine de TiO_2. Ces différentes actions conjuguées font que l'oxyde titanique subit un début de dissociation dès 1000°C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température de fusion des composés des chaînes normales.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente, nous avons montré que la relation

$$F = \frac{\rho_0 - \rho_F}{\left(\frac{d\rho}{dT}\right)_F} \qquad (1)$$

permettait de calculer la température de fusion des paraffines.

Dans cette relation, ρ_0 représente la densité du carbure solide au zéro absolu, ρ_F sa densité à l'état liquide, à la température de fusion; $(d\rho/dT)_F$ la variation de la densité du composé liquide en fonction de T au point de fusion.

([4]) National Bureau of Standards.

(*) Séance du 7 mars 1955.

Cette relation semble s'appliquer à un grand nombre de séries homologues normales (monoacides, monoalcools, nitriles, etc.) quand le nombre d'atomes de carbone est suffisamment élevé ($n > 12$), c'est-à-dire, d'une part, comme nous l'avons déjà dit, quand la longueur de la chaîne est nettement supérieure aux dimensions transversales de la molécule; d'autre part, quand le point de fusion est assez éloigné du point d'ébullition pour que la variation de ρ en fonction de T devienne pratiquement linéaire au voisinage de la température de fusion.

Ainsi que pour les carbures saturés (1) ρ_0 et ρ_F sont généralement donnés par des relations simples. Pour calculer F à partir de la relation (1) à moins d'un demi-degré près, il est nécessaire de connaître ρ_0, ρ_F et $(d\rho/dT)_F$ à moins de 1/1000e près. Or, au zéro absolu et au point de fusion, les règles d'additivité relatives aux volumes s'appliquent d'une manière très précise aux chaînes normales suffisamment longues, si l'on considère, non comme l'a fait Biltz, les volumes d'encombrement des atomes mais ceux des groupements caractéristiques. Il est bien évident, en effet, que dans une longue chaîne paraffinique linéaire, l'addition d'un groupement CH_2 ne modifie pas sensiblement la topographie électronique de la molécule.

A partir de quelques valeurs expérimentale de ρ_F, $(d\rho/dT)_F$ et F on calcule facilement ρ_0. On trouve alors, qu'au zéro absolu, le volume molaire des monoacides normaux est donné par la relation

$$V_0 = \frac{M}{\rho_0} = 13,725\,(n-1) + 30,9. \tag{2}$$

L'expérience a conduit Biltz à donner au groupement CH_2 un volume de 13.69 cm³ et à l'ensemble des groupements terminaux H et COOH un volume de 30,5 cm³.

Pour les alcools on trouve $V_0 = 13,725\,n + 14$.

Le calcul des densités de ces composés liquides au point de fusion est également simple il s'agit de chaînes à nombre pair d'atomes de carbone et les relations

$$V_F = 17,87\,(n-1) + 32,65 \tag{3}$$

pour les monoacides et

$$V_F = 17,87\,n + 11 \tag{4}$$

pour les monoalcools normaux, conduisent à des résultats qui diffèrent de moins de 1/1000e des données expérimentales.

Enfin pour des composés normaux différents $H-(CH_2)-X$ à même nombre d'atomes de carbone, $(d\rho/dT)_F$ qui est de la forme $a + b/n$ (3) prend des valeurs très voisines dès que n est supérieur à 10.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 970.

La constante a qui représente la variation de ρ en fonction de T, au point de fusion, quand n croît indéfiniment a, bien entendu, la même valeur (582.10^{-6}) dans toutes les séries; $b = 16.10^{-4}$ pour les monoalcools et les paraffines, 165.10^{-5} pour les monoacides.

Sans insister davantage, signalons que ce résultat est facile à prévoir si l'on pose $(d\rho/dT)_F = -(M/V_F^2)(dV/dT)_F$ et si l'on écrit que l'augmentation du volume de la molécule est la somme des accroissements des deux groupes terminaux de la chaîne et des n groupements CH_2 intermédiaires.

En appliquant les relations (2), (3) et (4) aux acides gras normaux en C_{20}, C_{22}, C_{24} et C_{26}, par exemple, on retrouve à 100° C les valeurs expérimentales des densités.

	C_{20}.	C_{22}.	C_{24}.	C_{26}.
$\rho_{100\text{ obs}}$	0,8240	0,8221	0,8207	0,8198
$\rho_{100\text{ calc}}$	0,8240	0,8220	0,8210	0,8197

L'application de la relation (1) et des relations suivantes donne pour les carbures saturés, monoalcools et monoacides normaux d'ordre pair, des valeurs des températures de fusion en bon accord avec l'expérience.

Paraffines.			Alcools.			Acides.		
n.	F_{obs}.	F_{calc}.	n.	F_{obs}.	F_{calc}.	n.	F_{obs}.	F_{calc}.
15	283	283	16	323	324	12	316–18	317
20	310,2	310,5	20	339	339	14	327–28	327,4
28	335	335	22	344	344	16	335–36,2	336,1
30	339	339	26	353	353	18	343	343
33	344–45	345	30	359,7	359,9	20	349	349
35	348	348	50	388	387,8	24	357,8	357,7
40	351–55	355				30	367	367
						56	383	384

Enfin pour $n = \infty$ la température de fusion limite, commune à toutes ces séries, est :

$$\frac{\rho_0 - \rho_F}{\left(\frac{d\rho}{dT}\right)_F} = \frac{14,026}{0,000582}\left[\frac{1}{13,725} - \frac{1}{17,87}\right] = 408^{\circ}\text{ K} \quad (135^{\circ}\text{ C}).$$

Cette température est supérieure de 20° environ à la température de convergence généralement admise.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Texture et propriétés adsorbantes des alumines pour chromatographie.* Note (*) de MM. **Gabriel Boutillon** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans leur emploi en chromatographie, les propriétés adsorbantes de solides, tels que les alumines actives, sont fortement modifiées par l'adsorption préa-

(*) Séance du 28 février 1955.

lable de vapeur d'eau. Ainsi, le degré Brockmann-Schodder (1) de l'alumine augmente avec la quantité d'eau adsorbée antérieurement (2). Les expériences résumées dans la présente Note ont eu pour but de préciser les relations existant entre le degré Brockmann-Schodder et l'interface que le système « alumine-eau adsorbée » présente aux solutés adsorbables en chromatographie, contenus dans une phase organique.

L'alumine utilisée est, comme la plupart des alumines pour chromatographie, un solide presque anhydre $Al_2O_3 - 0,15H_2O$ obtenu par déshydratation thermique de l'hydrargillite selon un protocole bien défini : chauffage à l'air libre, en montée linéaire de température pendant 30 h jusqu'à 500°, maintenu 20 h à cette température. La surface spécifique mesurée par adsorption d'azote à —195° est de 122 m²/g. Son isotherme d'adsorption est du type II de la classification de Brunauer (3) avec hystérésis complète. Elle a donc une texture poreuse assez développée, et les pores sont de dimensions variables. A partir de cette alumine (échantillon n° 1), les échantillons nos 2 à 9 ont été préparés par adsorption, jusqu'à l'équilibre, de vapeur d'eau pure, sous différentes pressions relatives p/p_0, à 25°C. Immédiatement après adsorption d'eau, la surface spécifique S_p du complexe « alumine-eau adsorbée », brutalement refroidi à —195°, a été mesurée à l'azote, puis le degré Brockmann-Schodder (°B) a été déterminé suivant la méthode de ces auteurs (1). Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

Échantillon n°	$\frac{p}{p_0}$.	Grammes H_2O par gramme de produit initial.	S_p (m²/g).	°B.
1	0	0	122	1,2
2	0,021	0,0190	105	1,9
3	0,088	0,0289	96	2,5
4	0,223	0,0410	91	2,8
5	0,292	0,0465	87	3
6	0,441	0,0604	79	3,5
7	0,569	0,0723	61	4
8	0,710	0,1100	36	4,5
9	0,767	0,1575	23	5

La surface spécifique des échantillons diminue très fortement dès que la quantité d'eau adsorbée est suffisante pour que débute le remplissage des pores les plus étroits (échantillons nos 5 à 8), alors qu'elle n'est réduite que d'un peu plus de 20 % quand l'adsorption commençante se limite à la formation d'un film monomoléculaire (échantillons nos 2 à 4). Par contre, le degré Brockmann-Schodder augmente rapidement lorsque ce film monomoléculaire substitue progressivement, à la surface d'alumine, une interface eau adsorbée-solution organique. Cela souligne l'hétérogénéité des propriétés que, comme tout solide actif, l'alumine manifeste lors de l'adsorption unimoléculaire.

Une fois achevé le recouvrement unimoléculaire ($p/p_0 = 0,21$), les solutés

(1) *Berichte*, 74, 1941, p. 73.

(2) DUPONT, DULOU et VILKAS, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 15, 1948, p. 785.

(3) BRUNAUER, DEWING et TELLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1940, p. 1692.

se fixent à l'interface eau-solution. C'est la variation de surface spécifique du complexe « alumine-eau adsorbée », qui entraîne une variation des propriétés adsorbantes se traduisant par l'augmentation régulière du degré Brockmann-Schodder.

En résumé, à partir d'une alumine courante pour chromatographie, il est aisé d'obtenir toute la gamme des degrés Brockmann-Schodder (1 à 5). Mais seules les alumines ayant adsorbé nettement moins d'eau qu'il n'en faut pour recouvrir toute la surface d'alumine d'une couche unimoléculaire, ont un degré Brockmann-Schodder nettement inférieur à 3. Il convient donc de les préparer et de les conserver en atmosphère anhydre ou très pauvre en vapeur d'eau. Pour les degrés plus élevés, c'est la texture poreuse qui est en cause. Des pores trop étroits, ou de dimension caractéristique trop uniforme ne permettent pas de faire varier aisément le degré Brockmann-Schodder jusqu'à la valeur désirée.

Il n'a jamais été possible de déceler un partage du soluté entre l'eau adsorbée et la solution organique, ce qu'explique aisément la très faible affinité pour l'eau des solutés expérimentés. Un abaissement de température, même en dessous de 0° C (à — 20° par exemple), n'a d'autre effet que d'élever régulièrement le taux d'adsorption chromatographique de ces solutés.

CATALYSE. — *Cétolisations par catalyse ménagée à l'aide d'échangeurs d'anions.* Note de MM. **Robert Pallaud** et **Géza Victor Austerweil**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est connu que les polyélectrolytes insolubles employés comme échangeurs d'anions catalysent des réactions d'aldolisation et de cétolisation et que le siège de la réaction se trouve à l'interface solide-liquide ([1]) où règne une certaine pression qui facilite le déplacement de l'équilibre de la réaction vers le sens de la formation des produits de densité supérieure; cette réaction, très générale, est influencée par la polarité de l'échangeur, par la température de la réaction, par sa durée et par la concentration des dérivés réagissants, présents seuls ou dissous dans des solvants inertes.

Ainsi, quand dans un ballon muni d'un Soxhlet qui contient une cartouche chargée d'un échangeur d'anions à groupes polaires d'ammonium quaternaire, on chauffe au bain-marie de l'acétone au reflux, on obtient au bout de quelques heures du diacétone-alcool dans le ballon avec un très bon rendement. Si l'on emploie un échangeur moins basique, l'acétone reste inchangée. De même, un mélange de paraldéhyde et de formol chauffé à 50° C en présence d'un échangeur d'anions quaternaires, donne du pentaérythrol; le même mélange en présence d'échangeurs d'anions à faible basicité, ne donne que de l'aldéhyde glycolique,

---

([1]) Austerweil, *Industrie de la parfumerie*, 1949, p. 145.

le paraldéhyde restant inchangé. Il est nécessaire de surveiller soigneusement les températures de réaction, la plupart des échangeurs d'ions ayant tendance à se décomposer à des températures peu élevées, en perdant partiellement ou totalement leurs groupes polaires; à ce moment l'effet catalytique attribué à l'échangeur, est obtenu par ses produits de décomposition. On peut se rendre compte de cette forme de la réaction après séparation du liquide au contact de l'échangeur utilisé; l'effet catalytique lors de son réemploi aura disparu; ceci aussi bien pour les échangeurs de cations que pour les échangeurs d'anions. Des travaux récents ont montré que certains auteurs ont oublié les vérifications nécessaires à ce sujet ([2]).

Les cétolisations et aldolisations peuvent être conduites d'une façon très ménagée et avec récupération complète de l'échangeur employé; on peut avantageusement se servir de leur action catalysante lorsque l'isolement du produit de la réaction est trop délicat pour être obtenu par distillation, même dans un vide poussé. C'est le cas de la réaction décrite par Gault et ses élèves ([3]) entre l'ester acétylacétique et les aldéhydes selon la formule

$$CH_3COCH_2COO.C_2H_5 + 2CRHO = CH_3CO.C\begin{matrix}\diagup CRHOH \\ -COO.C_2H_5 \\ \diagdown CRHOH\end{matrix} \quad \text{où } R = H, CH_3, \text{etc.}$$

On met en contact 1 équiv-g d'ester acétylacétique et 2 équiv-g de formol ou de paraldéhyde et 5 % de leur poids d'un échangeur d'anions à groupements d'amines quaternaires; on observe un échauffement; après quelques heures à la température ambiante, on filtre le liquide pour séparer l'échangeur. On en précipite, à l'aide de ligroïne, un liquide blanc et clair qui est le diméthylolacétylacétate d'éthyle ci-dessus, obtenu avec un rendement de 65 % de la théorie; il a des caractéristiques voisines du produit obtenu par Gault et ses élèves (D_0^4 1,1862; n_D^{16} 1,456) soit, pour le produit de la catalyse : D_0^4 1,179; n_D^{16} 1,4883.

Un produit analogue est obtenu par la condensation de l'acétylacétate d'étyle et de la paraldéhyde. On peut le comparer de la même façon avec le produit obtenu par la voie décrite par Gault et ses élèves; c'est le monoéthylolacétylacétate d'éthyle dont les caractéristiques sont, d'après Gault : D_{17} 1,0776; n_D^{14} 1,4413, pyrazolone F 273-274° pour le produit préparé par catalyse; D_{17} 1,072; n_D^{16} 1,4418; pyrazolone, F 271-272°.

Il est impossible de distiller le produit obtenu, qui se déshydrate pour former des dérivés éthyléniques bien au-dessous de son point d'ébullition dans le vide, et même lors d'un contact prolongé avec l'échangeur.

([2]) Austerweil et Pallaud, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 21, 1954, p. 1164 et suiv.

([3]) Gault et Wendling, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 369; Gault et Burkhard, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1938, p. 385.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Détermination de la susceptibilité magnétique atomique de l'azote dans les amines et les nitriles.* Note de MM. **Henri François** et **Jean Hoarau**, présentée par M. Paul Pascal.

Les susceptibilités magnétiques de quelques amines primaires, secondaires et tertiaires et de quelques nitriles aliphatiques ont été mesurées. Les résultats permettent de déterminer la valeur de la susceptibilité atomique de l'azote dans ces composés.

Dans le cadre d'une étude générale sur les exaltations diamagnétiques des composés azotés à caractère aromatique (pyrrole, indole, pyridine, quinoléine, etc.), nous avons cherché à préciser la valeur de la susceptibilité atomique de l'azote dans la systématique de Pascal révisée ([1]), ([2]). Or, depuis les travaux de P. Pascal ([3]), les mesures de susceptibilité sur les composés azotés aliphatiques sont pratiquement inexistantes.

Les susceptibilités spécifiques ont été déterminées à l'aide d'une balance de Gouy-Pascal ([4]) légèrement modifiée, sur des volumes de substance de l'ordre de 5 cm^3. Le corps de référence est l'eau, dont la susceptibilité a été prise égale à $-0,720.10^{-6}$; l'erreur est de l'ordre 0,2 %. La pureté des produits a été vérifiée grâce à l'étude des densités et des indices de réfraction et, pour les liquides très volatils, on a tenu compte de la correction due à la tension de vapeur ([3]).

La systématique révisée permet de calculer, pour chaque composé, la valeur de la susceptibilité moléculaire en faisant abstraction de l'atome d'azote dans les amines ou du groupe d'atomes $C \equiv N$ dans les nitriles. La différence entre ces valeurs et la susceptibilité moléculaire mesurée conduit à la susceptibilité de l'azote ou du groupe d'atomes $C \equiv N$.

On observe qu'il est nécessaire d'adopter deux valeurs différentes pour la susceptibilité atomique de l'azote, suivant que l'on a affaire à une amine primaire ou à une amine secondaire ou tertiaire : $-6,4.10^{-6}$ dans le premier cas et $-4,55.10^{-6}$ dans le second.

La valeur moyenne du groupe d'atomes $C \equiv N$ est égale à $-13,5.10^{-6}$; elle est peu différente de la somme des susceptibilités des atomes de carbone et d'azote (dans les amines primaires par exemple), ce qui confirme les travaux de Pascal, montrant que la triple liaison $C \equiv N$, de même que la triple liaison acétylénique, n'apporte qu'un très faible incrément dans la systématique magnétochimique.

([1]) P. Pascal, A. Pacault et J. Hoarau, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1078.

([2]) A. Pacault, N. Lumbroso et J. Hoarau, *Cahiers de Physique*, 43, 1953, p. 54.

([3]) *Ann. Chim. Phys.*, 19, 1910, p. 5; 25, 1912, p. 289; 29, 1913, p. 218.

([4]) A. Pacault, *Ann. Chim*, 1, 1946, p. 527.

Le tableau suivant rassemble, pour chaque composé, la susceptibilité moléculaire mesurée χ_M, la susceptibilité calculée en utilisant les valeurs précédentes χ_{calc} et, dans la dernière colonne, les valeurs déterminées antérieurement par d'autres auteurs.

Composés.	χ_M.	χ_{calc}.	
n-butylamine	58,9	58,85	–
Isobutylamine	59,8	59,7	61,6 ([3])
n-amylamine	69,4	70,25	–
Isoamylamine	71,6	71,1	73,9 ([3])
n-heptylamine	93,1	93,05	–
Di-éthylamine	56,8	57,75	61,0 ([3])
Di-*n*-butylamine	103,7	103,45	–
Di-isobutylamine	105,7	105,15	109,7 ([3])
Di-sec-butylamine	105,9	105,15	–
Di-*n*-hexylamine	148,9	149,05	–
Di-*n*-heptylamine	171,5	171,85	–
Tri-éthylamine	81,4	81,5	–
Tri-*n*-hexylamine	221,7	218,3	–
Tri-*n*-heptylamine	251,3	252,5	–
Acétonitrile	27,6	27,75	28,0 ([5])
Propionitrile	38,8	39,15	38,5 ([5])
Butyronitrile	50,4	50,55	49,4 ([5]) ; 49,3 ([3])
Cyanure d'isoamyle	73,4	72,8	–

Les susceptibilités de ce tableau sont données au facteur -10^{-6} près.

D'une façon générale, l'écart entre les valeurs calculées et les valeurs expérimentales ne dépasse pas 0,5 %.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Application de la méthode des abaques à l'étude des propriétés cancérogènes du* 3-4, 9-10 *dibenzopyrène*. Note (*) de Mme **Huguette Chalvet** et M. **Odilon Chalvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note récente O. Chalvet ([1]) donne l'exposé d'une méthode d'abaques permettant d'obtenir pratiquement sans calculs et avec une approximation suffisante les indices de liaison et de valence libre des hydrocarbures aromatiques ; en outre il a été montré dans le cas des hydrocarbures alternants pairs que ces indices sont étroitement liés à un certain nombre de grandeurs de nature énergétique.

1. La contribution $\Delta E_{0\pi}$ des électrons π à la barrière de potentiel ([2]) ([a])

([5]) G. Sauret et R. Lalande, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2066.

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 871.

([2]) Certains auteurs appellent ces grandeurs : ([a]) énergie de polarisation des carbones (E. P. C.); ([b]) énergie d'orthopolarisation (E. O. P.); ([c]) énergie de para polarisation (E. P. P.).

d'une réaction de substitution est une fonction décroissante et monotone de l'indice de valence libre sur lequel s'effectue la substitution [3].

2. La contribution $\delta E_{0\pi}$ des électrons π à la barrière de potentiel [2] [b] d'une réaction d'addition en un temps sur une double liaison est une fonction décroissante et monotone d'une grandeur S, somme de l'indice de liaison et des indices de valence libre des atomes de carbone limitant la liaison considérée [4].

3. Si l'addition a lieu sur des sommets para-(1-4 du naphtalène) la relation [2] [c] entre $\delta E_{0\pi}$ et S subsiste à condition de substituer à l'indice de liaison la valeur unique 0,55 [5].

Parmi les études que permet cette méthode nous voudrions insister sur la relation entre le pouvoir cancérogène et la structure des hydrocarbures aromatiques.

A. Pullman [6] a proposé de relier le pouvoir cancérogène des hydrocarbures à deux « indices complexes » caractérisant deux zones particulières de la molécule : les régions K et L. D'après A. Pullman la région K constitue un centre pour les additions moléculaires se faisant en deux temps et cette réaction est d'autant plus facile que l'indice complexe $\mathrm{E.O.P.} + \mathrm{E.P.C.}_{\min}$ est petit; dans son article l'auteur détermine la valeur maximum que peut prendre cet indice pour que le phénomène de cancérisation apparaisse.

Le calcul exact d'un tel indice par la méthode des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques est long et laborieux, mais en tenant compte des relations que nous avons rappelées on peut montrer que cet indice est inversement proportionnel à la quantité $S + 3\mathrm{IVL}_{\max}$ [7]. Le facteur 3 tient compte du rapport des pentes des courbes représentatives des relations 1 et 2 signalées au premier paragraphe. On peut donc énoncer la règle suivante : pour qu'un hydrocarbure sans région L [8] soit cancérogène il faut que la quantité $S + 3\mathrm{IVL}_{\max}$, relative à la région K soit supérieure à 3,050 [9].

Si nous appliquons cette méthode au cas du 3.4, 9.10-dibenzopyrène, hydrocarbure dépourvu de région L nous trouvons la valeur 3,081.

---

(3) R. Daudel, C. Sandorfy, C. Vroelant, P. Yvan et O. Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 66.

(4) O. Chalvet et R. Daudel, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1306.

(5) O. Chalvet, R. Daudel, R. Gouarné et M. Roux, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2221.

(6) *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 595.

(7) $\mathrm{IVL}_{\max}$ note l'indice de valence libre de l'atome qui dans la région considérée possède le plus de valence libre.

(8) On pourait de même manière déterminer la valeur maxima que peut prendre la quantité $S' + k\,\mathrm{IVL}_{\max}$ caractérisant la région L.

(9) Cette valeur limite caractérise le 1.2, 7.8-dibenzanthracène, corps de référence cité par A. Pullman.

Ce corps devrait donc être cancérogène. Pourtant en 1944 H. Lettre [10] posait comme condition nécessaire à l'apparition du pouvoir cancérogène une absence de symétrie de la molécule par rapport à un axe coupant perpendiculairement la liaison mésophénanthrénique.

Comme nous n'avons trouvé dans les exemples cités par A. Pullman aucun cas de ce type, ces remarques nous ont paru suffisantes pour justifier la préparation de ce corps en vue d'essais chimiques et biologiques qui seront entrepris incessamment.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage des chlorures dans l'eau de mer par une méthode de potentiométrie simplifiée.* Note (*) de Mlle **Jacqueline Denamur**, présentée par M. Paul Pascal.

Une étude comparative de la méthode de Mohr-Knudsen et de la méthode de potentiométrie simplifiée de P. Deschamps montre qu'une précision identique est obtenue si, dans la méthode potentiométrique, on ajoute à la prise d'essai un mélange d'eau et d'acétone en proportion convenable.

De nombreux auteurs ont cherché à remplacer, par des procédés électrométriques [1], la méthode de Mohr-Knudsen [1] universellement adoptée pour le dosage précis des chlorures dans l'eau de mer.

Notre but est ici de comparer les résultats de la méthode de Mohr-Knudsen et de la méthode potentiométrique simplifiée proposée par P. Deschamps [2]. Nous nous sommes aussi efforcés de déterminer les meilleures conditions pour un titrage précis.

I. Méthode employée. — Une pipette et une burette Knudsen nous ont permis de faire les prises d'essai et les lectures avec une grande précision. Les électrodes employées sont celles recommandées par P. Deschamps [2]. On suit la variation d'intensité se produisant au cours du titrage, avec un galvanomètre à plusieurs sensibilités. Les échantillons utilisés proviennent des eaux atlantiques préalablement dosées par la méthode de Mohr-Knudsen. Chaque essai a été fait à la fois sur l'échantillon et sur l'eau normale de Copenhague.

II. Conditions dans lesquelles doit s'effectuer le titrage. — Il nous paraît utile d'insister sur les points suivants :

---

(10) *Z. Physio. Chem.*, **280**, 1644, p. 28.

(*) Séance du 7 mars 1955.

(1) M. Ménaché, *Détermination indirecte de la densité de l'eau de mer, dosage de la chlorinité par la méthode de Mohr-Knudsen* (bibliographie). Circ. C. R. E. O., janvier 1952, R. T. B. n° 7.

(2) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 100.

1° Nécessité d'un écoulement extrêmement lent au moment du virage.

2° L'agitation mécanique de la solution à doser doit être forte et régulière.

3° L'électrode d'argent doit tremper librement dans la solution, et l'électrode amalgamée doit être régénérée, de temps en temps, par exemple, par dépôt électrolytique de mercure à partir d'une solution de nitrate mercureux.

4° *Choix du virage :* avec un écoulement très lent, on observe facilement la goutte qui donne la première diminution d'intensité. Cette diminution étant souvent très faible, on ajoute encore une goutte de réactif : si le virage a bien eu lieu, l'intensité continue à décroître. Il suffit alors de retrancher de la lecture faite la valeur correspondant à cette goutte supplémentaire (dans le cas présent : une demi-division).

5° *Choix de la quantité d'acétone à ajouter :* l'influence heureuse du mélange eau-acétone a été montrée par P. Deschamps (3).

a. En faisant varier progressivement la quantité d'acétone, tout en gardant constant le volume total de la solution (120 cm^3), on remarque que le virage devient net et précis dès qu'il y a présence d'au moins 50 % d'acétone. Une nouvelle expérience faite sur un volume total de 60 cm^3 vient confirmer ce résultat et prouver que le rapport acétone/volume total est plus important que la quantité totale d'acétone. Nous avons alors fait varier ce rapport et nous avons constaté que 50 % était la valeur optimale.

b. Laissant constant et égal à 50 % le rapport acétone/volume total, nous avons cherché à diminuer le volume total de la solution. Un essai fait sur un volume total de 50 cm^3 prouve que, malgré la proportion favorable acétone/volume total = 50 %, le résultat s'écarte du résultat réel. Remarquons que la variable est alors le rapport acétone/eau.

c. Influence de la dilution de l'acétone. — La dilution de l'acétone joue un grand rôle. Des résultats corrects ne peuvent être obtenus que pour une dilution déterminée : acétone/eau = 2.

d. Conclusions. — Nous avons choisi les conditions définitives suivantes :
15 cm^3 d'eau de mer + 30 cm^3 d'acétone + 15 cm^3 d'eau distillée;
acétone/volume total = 50 %, acétone/eau = 2.

III. Comparaison des deux méthodes. — 20 échantillons ont été dosés deux fois par la méthode de Knudsen et deux fois par la méthode potentiométrique. La lecture de la burette a été faite au quart de division.

Précision des mesures (4), (5). — Les conditions de dosage étant identiques,

(3) P. Deschamps, *Chim. Anal.*, 33, 1951, II, p. 304.

(4) Knudsen, *Cons. Perm. Inter. Explor. Mer*, Publ. de Circ. n° 87, 1925.

(5) M. Ménaché, *Bull. Inst. Océan.*, n° 980, 1951.

la différence de précision apportée par les deux méthodes ne peut provenir que du mode d'appréciation du virage. La discussion qui suit ne portera donc que sur ce point.

1° *Avec la méthode de Mohr-Knudsen* : l'appréciation de la couleur étant très délicate, et compte tenu des écarts notés pour chaque échantillon, l'erreur maximale, pour un dosage courant est : une demi-division. La burette Knudsen étant graduée directement en chlorinité, nous avons donc : $\Delta(Cl) = 0,005$ ‰. En nous reportant alors aux tables hydrographiques de Knudsen, l'erreur sur la salinité est $\Delta(S) = 0,01$ ‰.

2° *Avec la méthode potentiométrique* : l'erreur provient uniquement du fait que la goutte devant tomber d'elle-même, on ne peut, à volonté, diminuer son volume; l'erreur maximale est donc une goutte, soit, dans le cas présent : $\Delta(Cl) = 0,005$ ‰ et $\Delta(S) = 0,01$ ‰. La précision obtenue est donc comparable à la précédente.

Conclusion. — Malgré l'inconvénient d'un goutte-à-goutte lent au moment du virage, ce qui augmente la durée du dosage, la méthode proposée par P. Deschamps ne nécessitant pas l'écrasement du précipité formé, présente l'avantage d'éliminer tout risque d'erreur dû à l'évolution du précipité. A cet avantage déjà considérable, s'ajoute celui de la simplicité. Un dosage se borne, en effet, à l'observation d'un spot de galvanomètre et, par conséquent, l'erreur d'observation dans l'appréciation délicate de la couleur se trouve supprimée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation de zircone pure par fusion alcaline du zircon au four solaire.* Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

La zircone, ZrO_2, est en général extraite du zircon, SiO_4Zr.

On sait que ce minéral est attaquable par les alcalis fondus, oxydes, bioxydes, hydroxydes, carbonates, avec formation de silicates, zirconates ou silicozirconates alcalins susceptibles d'être, ensuite, traités par voie humide pour isoler la zircone ([1]), ([2]). L'attaque peut être complète si la température de traitement est suffisamment élevée; mais alors se pose, particulièrement, le problème du creuset résistant aux produits alcalins fondus.

Dans les opérations usuelles, l'action de la soude fondue a lieu en creuset de fer à une température insuffisante pour réaliser l'attaque totale du zircon. Le traitement à la soude, suivi d'un lessivage à l'eau pour éliminer,

(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) T. Hiortdahl, *Comptes rendus*, 61, 1865, p. 175 et 213.

([2]) J. d'Ans et J. Loffler, *Z. Anorg. Chem.*, 191, 1930, p. 1.

en grande partie, le silicate de sodium, doit être accompagné d'un traitement acide, qui dissout la zircone et la sépare du zircon inattaqué. La zircone est ensuite séparée, par précipitation, des impuretés (titane et fer) qui proviennent du minerai et du creuset.

Les techniques de chauffage au four solaire, mises au point au Laboratoire de Montlouis ([3]), ([4]) permettent de réaliser des fusions alcalines sans contamination du produit traité. On peut, en outre, travailler à une température suffisante pour fondre l'ensemble des matières mises en œuvre, *ce qui permet d'obtenir des réactions très rapides et sensiblement totales, avec des rendements énergétiques élevés*. Les essais dont il va être question ont été effectués au moyen de fours centrifuges ([4]), la masse traitée étant fondue dans la partie centrale du four, cependant qu'une couche de produit inaltéré, au voisinage de la paroi, sert à la fois de calorifuge et de creuset au produit fondu (autocreusets).

Le zircon, d'origine australienne, utilisé dans ces essais contient comme impuretés principales de petites quantités d'oxyde de titane (0,2 % environ), d'oxyde de fer (0,05 %) et d'alumine (0,1 %).

Il est broyé en poudre fine et mélangé avec une quantité de carbonate de sodium un peu supérieure à celle qui est nécessaire pour former le silicate et le zirconate de sodium; on utilise pour une partie de zircon, 1,5 à 2 parties de carbonate de sodium. La température de traitement étant de l'ordre de 1400° C, le carbonate de sodium subit une forte dissociation et agit sous forme d'oxyde de sodium ([5]).

Après fusion, la masse est reprise par l'eau chaude, en agitant pour éviter la prise en masse du produit traité; l'eau est renouvelée par décantation plusieurs fois. Le silicate de sodium est dissous et il se forme de la zircone à partir du zirconate de sodium. On note à ce sujet un phénomène de *pseudomorphose*, les cristaux de zirconate restant à première vue inaltérés, mais l'oxyde de sodium a disparu faisant place à un volume d'eau sensiblement égal au sien (17 à 18 % d'eau), soit environ 1,5 molécule d'eau par molécule de zircone.

La zircone ainsi obtenue est amorphe aux rayons X; elle contient, en dehors d'importantes quantités d'eau, un peu de silice (de l'ordre de 1 %) à l'état de silicate de sodium, et une grande partie des oxydes de titane et de fer initialement présents dans le zircon et le carbonate de sodium. Après calcination, on a un produit titrant plus de 98% de ZrO_2. Après

---

([3]) F. Trombe et M. Foëx, *Colloque sur la Chimie des hautes températures*, p. 61, Éditions du C. N. R. S., Paris, 1954.

([4]) F. Trombe et M. Foëx, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 1315.

([5]) P. Lebeau, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 1255 et *Bull. Soc. Chim.*, (3), 31, 1904, p. 213.

un frittage vers 2 200-2 400° C, qui élimine totalement l'oxyde de sodium et, en grande partie, la silice résiduelle, la zircone titre 99,5 % de ZrO_2 environ et peut constituer ainsi un excellent réfractaire; elle est colorée en brun clair par les quelques millièmes d'oxydes de titane et de fer qu'elle contient.

La purification de la zircone peut être plus poussée, *sans pour cela la faire passer en solution*, si l'on effectue, après lavage à l'eau, un lavage à froid avec des acides dilués, par exemple un lavage à l'acide chlorhydrique ou à l'acide sulfurique à 5 %. Cette opération ne dissout que de faibles quantités de zircone, mais détruit le silicate de sodium résiduel avec formation de silice colloïdale en suspension dans le liquide. La plus grande partie des oxydes de fer et de titane passent en solution ([6]).

Après décantation, lavage à l'eau et calcination à température modérée, on obtient une zircone contenant quelques millièmes de silice, moins de 1/10 000e d'oxyde de titane ou d'oxyde de fer, et de faibles quantités de sels alcalins (0,5/1 000e par exemple). Le frittage à haute température ou la fusion de ce produit provoque encore une élimination de la silice. On obtient un oxyde parfaitement blanc pouvant titrer 99,95 % de ZrO_2 ([7]). Nous avons, par ce procédé, préparé à l'aide du four solaire de 75 kW de Montlouis, des quantités importantes de zircone pure à partir de son minerai. Chaque opération, qui dure quelques heures, met en jeu 20 kg environ de zircon et 30 à 40 kg de carbonate de sodium.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'isotherme 30° du système ternaire : eau-oxyde de lithium-anhydride borique.* Note (*) de MM. **Antoine-Pierre Rollet** et **Roger Bouaziz**, présentée par M. Louis Hackspill.

Cette étude précise le domaine 30° du diborate de lithium cristallisé. L'isotherme obtenue diffère notablement en certaines régions de celle tracée à la même température par Dukelski.

Nous avons décrit dans une Note précédente ([1]) un diborate de lithium hydraté : $2B_2O_3.Li_2O.4H_2O$. C'est une phase cristallisée du ternaire H_2O-Li_2O-B_2O_3.

L'isotherme 30° de ce système a déjà été dressée par Dukelski ([2]) qui a mis

---

([6]) Lorsqu'on ne procède pas à un frittage ou à une fusion finale de la zircone, un lavage à l'acide fluorhydrique à 5 % donne aussi d'excellents résultats en ce qui concerne l'élimination de la silice.

([7]) Il s'agit évidemment du total zircone + oxyde d'hafnium.

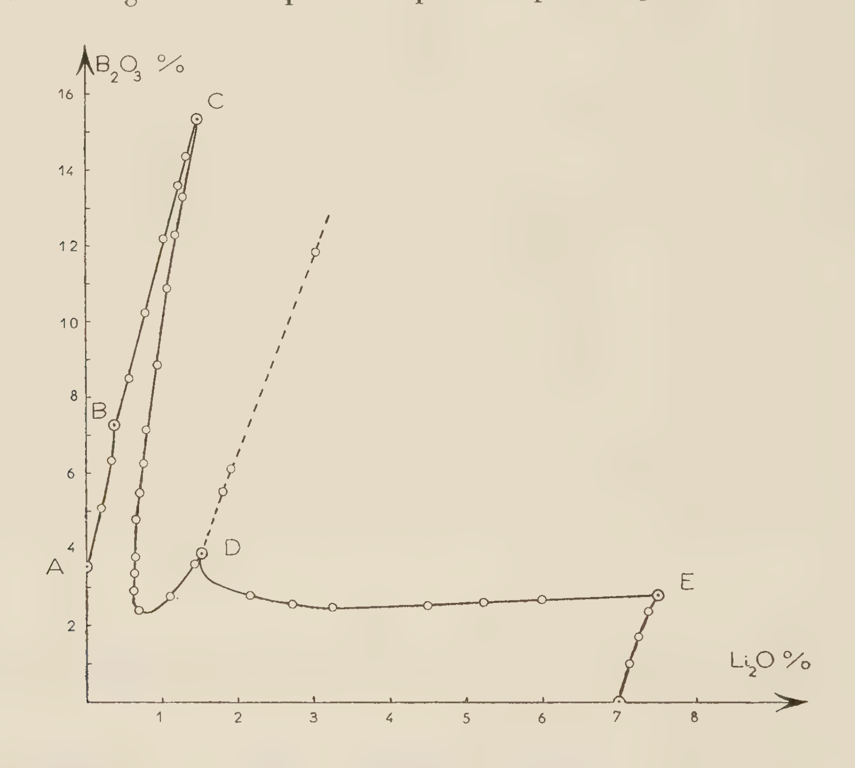
(*) Séance du 7 mars 1955.

([1]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1104.

([2]) *Z. anorg. Chem.*, **54**, 1907, p. 45.

en évidence deux sels cristallisés : un monoborate (3) $B_2O_3.Li_2O.16H_2O$ et un pentaborate $5B_2O_3.Li_2O.10H_2O$. Entre les deux branches de courbe représentant les solutions saturées par l'un ou l'autre de ces borates, l'auteur a placé une branche relative à des solutions plus ou moins colloïdales correspondant à un diborate amorphe d'hydratation indéterminée.

Nous avons repris entièrement le tracé de l'isotherme. Les résultats sont portés sur le diagramme d'équilibre représenté par la figure.



La branche CD est le lieu des solutions en équilibre avec la phase cristalline diborate de lithium. Cette branche s'écarte, notamment à ses extrémités, de celle que Dukelski a tracée pour son diborate amorphe. A titre d'exemple les coordonnées des points C et D (solutions en équilibre avec deux phases solides) sont indiquées, dans le tableau suivant, d'après nos résultats et d'après ceux de Dukelski.

	Ce travail.		D'après Dukelski.	
	B_2O_3 %.	Li_2O %.	B_2O_3 %.	Li_2O %.
Point C	15,29	1,46	30,8	5,0
» D	3,80	1,66	23,9	5,7

La branche DE est relative au monoborate qui partout se manifeste sous la seule forme de l'hydrate $16H_2O$. Ce contrôle de la phase solide a été réalisé

(3) Déjà signalé par Le Chatelier, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1091.

par examen aux rayons X. La partie en pointillé correspond à des équilibres métastables qui sont obtenus tant que les germes de diborate n'ont pas été introduits. L'ensemble de la branche du monoborate, y compris la partie métastable, coïncide à peu près avec les résultats donnés par Dukelski.

Par contre la branche relative au pentaborate que trace cet auteur est beaucoup plus longue que celle (BC) obtenue par nous. Elle est fortement décalée aussi. Cette courbe longue concerne vraisemblablement des équilibres métastables qui se manifestent en l'absence du diborate.

Nous indiquons dans le tableau suivant les coordonnées des solutions en équilibre avec deux phases solides :

	Li_2O%.	B_2O_3%.	Phases solides.
Point B...	0,41	7,20	$BO_3H_3 + 5B_2O_3.Li_2O.10H_2O$
» C...	1,46	15,29	$5B_2O_3.Li_2O.10H_2O + 2B_2O_3.Li_2O.4H_2O$
» D...	1,66	3,80	$2B_2O_3.Li_2O.4H_2O + B_2O_3.Li_2O.16H_2O$
» E...	7,54	2,68	$B_2O_3.Li_2O.16H_2O + LiOH.H_2O$

Contrairement aux observations de Dukelski, le pentaborate de lithium a une solubilité congruente à 30°, qui prend la valeur 13,6 %.

Les solubilités du diborate et du monoborate sont respectivement 3,05 et 5,0 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide αα-diphénylsubérique*. Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur les diacides α-α-diarylés, qui ont déjà fait l'objet de plusieurs publications, nous donnons dans la présente Note les indications utiles concernant un nouveau terme : l'acide α-α-diphénylsubérique,

$$(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_5-CO_2H \quad \text{(I)}$$

La méthode de préparation de ce diacide est absolument calquée sur celle que nous avons donnée précédemment pour l'acide α-α-diphénylpimélique [1], [2]. La matière première est le dibromo-1.5 pentane (II) qui par cyanuration partielle a été transformé en cyano-1 bromo-5 pentane (III) [3]. Celui-ci, condensé avec le diphénylacétonitrile, sodé par $NaNH_2$, a conduit au dinitrile αα-diphénylsubérique attendu (IV). La saponification en le diacide (I) s'effectue relativement aisément; on peut opérer en deux temps, d'abord par

(1) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2154.
(2) F. Salmon-Legagneur et Mme C. Neveu, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1809.
(3) Harrower, *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 2048; Trunel, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 453.

chauffage (6 h) avec la potasse alcoolique pour passer à l'acide nitrile (V), puis par chauffage de ce dernier (60 h) dans la potasse glycolique. Mais on a finalement avantage à chauffer directement le dinitrile dans la potasse glycolique durant 40 h seulement pour aboutir au diacide

$$\underset{(II)}{Br-(CH_2)_5-Br} + CNK \rightarrow \underset{(III)}{Br-(CH_2)_5-CN} \xrightarrow{+(C_6H_5)_2CNa(CN)} \underset{(IV)}{(C_6H_5)_2C(CN)-(CH_2)_5-CN}$$

$$\xrightarrow[alc.]{+HOK} \underset{(V)}{(C_6H_5)_2C(CN)-(CH_2)_5-CO_2H} \xrightarrow[glyc.]{+HOK} \underset{(I)}{(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_5-CO_2H}$$

Le rendement de toutes ces opérations est extrêmement satisfaisant, meilleur encore dans l'ensemble que pour la préparation de l'homologue inférieur, l'acide α-α-diphénylpimélique ([2]). En particulier la saponification ultime du dinitrile en diacide se produit avec 90 % de rendement, sans décarboxylation notable, contrairement aux cas de ses deux homologues inférieurs pimélique et adipique, et donne d'emblée un produit relativement pur.

Les différents produits obtenus possèdent les caractéristiques suivantes :

Dinitrile (IV), $C_{20}H_{20}N_2$, tables ou prismes brillants, F 69-70° ;

Acide-nitrile (V), $C_{20}H_{21}O_2N$, cristaux microscopiques, F 125-126° ;

Diacide (I), $C_{20}H_{22}O_4$, beaux prismes brillants, F 133-134°.

Nous avons préparé les principaux diesters neutres ainsi que les deux types d'esters-acides possibles ; mais l'obtention de ces derniers à l'état pur est plus délicate à réaliser que dans le cas des homologues inférieurs, succinique, glutarique ou adipique, car, à mesure que la chaîne méthylénique s'allonge entre les deux carboxyles, la différence d'acidité entre ces derniers tend à baisser ; l'estérification ou la saponification a tendance, dans ces conditions, à s'effectuer aussi bien sur chacun d'eux. Nous avons ainsi obtenu les dérivés suivants :

Diester méthylique $(C_6H_5)_2C(CO_2CH_3)-(CH_2)_5-CO_2CH_3$ ou $C_{22}H_{26}O_4$, F 42-43° ;

α-acide ζ-méthylester $(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_5-CO_2CH_3$ ou $C_{21}H_{24}O_4$, F 79-80° ;

ζ-acide α-méthylester $(C_6H_5)_2C(CO_2CH_3)-(CH_2)_5-CO_2H$ ou $C_{21}H_{24}O_4$, F 89-90° ;

α-nitrile ζ-méthylester $(C_6H_5)_2C(CN)-(CH_2)_5-CO_2CH_3$ ou $C_{21}H_{23}O_2N$, F 69° ;

α-acide ζ-éthylester $(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_5-CO_2C_2H_5$ ou $C_{22}H_{26}O_4$, F 62-63° ;

ζ-acide α-éthylester $(C_6H_5)_2C(CO_2C_2H_5)-(CH_2)_5-CO_2H$ ou $C_{22}H_{26}O_4$, F 74°.

Le diester éthylique n'a pu être isolé que sous forme huileuse sans tendance à la cristallisation.

Comme on pouvait l'espérer, nous avons cherché à réaliser la transformation de notre nouveau diacide en α-α-diphénylcycloheptanone, $C_{19}H_{20}O$, de F 94°, antérieurement obtenue par plusieurs auteurs par un procédé tout à fait différent ([4]). Nous avons ainsi appliqué la méthode (chauffage puis distillation du diacide en présence d'anhydride acétique) qui nous avait permis de transformer aisément les deux acides homologues inférieurs α-α-diphényl-adipique et -pimélique en α-α-diphényl-cyclopentanone et -cyclohexanone ([2]), ([5]). Cependant ce procédé, appliqué exactement dans les mêmes conditions à notre acide α-α-diphénylsubérique, conduit au moment de la distillation à une décomposition profonde du produit de la réaction et ne nous a pas permis d'isoler par ce moyen la diphénylsubérone attendue.

Enfin des mesures de constantes de dissociation électrolytique ont été effectuées sur les produits acides décrits dans cette Note ; elles feront l'objet d'une publication séparée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des ε-dicétones symétriques.* Note de MM. **Frank Tatibouët** et **Pierre Fréon**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action des dérivés organocadmiens sur le chlorure d'adipyle constitue une méthode de choix pour la préparation au laboratoire des ε-dicétones symétriques :

$$\begin{array}{l} CH_2-CH_2-CO-Cl \\ | \\ CH_2-CH_2-CO-Cl \end{array} + Cd\begin{array}{l} \diagup R \\ \\ \diagdown R \end{array} \rightarrow Cl_2Cd + \begin{array}{l} CH_2-CH_2-CO-R \\ | \\ CH_2-CH_2-CO-R \end{array}$$

En effet, d'une part, la préparation des dérivés organocadmiens symétriques est presque aussi facile que celle des dérivés organomagnésiens mixtes, et d'autre part, le chlorure d'adipyle s'obtient aisément par l'action du chlorure de thionyle sur l'acide adipique, matières premières peu coûteuses l'une et l'autre. Enfin, les dicétones sont obtenues avec de bons rendements et, même à l'état brut, présentent une assez grande pureté, suffisante pour la plupart des applications.

Contrairement à ce qui est parfois indiqué pour la préparation des cétones simples, par action des dérivés organocadmiens sur les chlorures d'acides, nous avons constaté :

1° Qu'il n'est pas nécessaire, dans le cas du chlorure d'adipyle de partir d'un produit de grande pureté, et le chlorure de thionyle technique du commerce conduit à un produit donnant toute satisfaction, après une simple distillation.

([4]) Meerwein, *Ann. Chem.*, 396, 1913, p. 204 ; M[lle] G. Cauquil et J. Rouzaud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 699 et 234, 1952, p. 442.

([5]) F. Salmon-Legagneur et M[me] C. Neveu, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 65.

2° Que la condensation avec les dérivés organocadmiens s'effectue au moins aussi bien sans procéder au remplacement de l'éther par le benzène. Dans ce dernier cas, en effet, les rendements ne sont pas améliorés, mais les produits obtenus sont moins purs.

Préparation des dérivés organocadmiens. — Après préparation classique et dosage iodométrique du dérivé organomagnésien mixte correspondant, on ajoute le chlorure de cadmium du commerce, en poudre, simplement séché à l'étuve, en quantité représentant un excès de 10 %. La réaction est assez vive. On porte ensuite à l'ébullition 2 ou 3 h, jusqu'à disparition du dérivé organomagnésien :

$$2R{-}Mg{-}Br + CdCl_2 \rightarrow R{-}Cd{-}R + 2Mg\begin{smallmatrix}\diagup Cl\\ \diagdown Br\end{smallmatrix}$$

La fin de la réaction peut être contrôlée à l'aide de la réaction colorée que donne la cétone de Mischler (tétraméthyldiaminobenzophénone). On obtient, en effet, une coloration bleue, tant que le dérivé organomagnésien n'a pas complètement disparu (test de Gilman) [1].

Condensation avec le chlorure d'adipyle. — Le chlorure d'adipyle, dissous dans l'éther anhydre, est alors ajouté, en quantité légèrement inférieure à la théorie, de façon à se trouver en présence d'un excès de dérivé organocadmien. On chauffe trois heures à l'ébullition, décompose par l'acide sulfurique à 10 %, décante, lave au bicarbonate de sodium et chasse l'éther. La dicétone cristallise, déjà presque pure. Une recristallisation peut être effectuée, généralement dans l'alcool pur ou dilué.

Dicétones obtenues :

(I) *Décane-dione*-3.8 : $C_2H_5{-}CO{-}(CH_2)_4{-}CO{-}C_2H_5$ ($C_{10}H_{18}O_2$).
(II) *Tétradécane-dione*-5.10 : $C_4H_9{-}CO{-}(CH_2)_4{-}CO{-}C_4H_9$ ($C_{14}H_{26}O_2$).
(III) *Diphényl*-1.6, *hexanedione*-1.6 :

$$C_6H_5{-}CO{-}(CH_2)_4{-}CO{-}C_6H_5 \quad (C_{18}H_{18}O_2).$$

(IV) *Diphényl*-1.10, *décanedione*-3.8 :

$$C_6H_5{-}CH_2{-}CH_2{-}CO{-}(CH_2)_4{-}CO{-}CH_2{-}CH_2{-}C_6H_5 \quad (C_{22}H_{26}O_2).$$

	Rendement (%).	F (°C).	Solvant.	Dioxime [F (°C)].	Di-semi-carbazone. [F (°C)].
(I)................	80	62	Alcool à 50 %	96	206
(II)................	65-70	63	Alcool absolu	115	176
(III)...............	75	112	Alcool à 95°	230	218
(IV)...............	50-55	48	Éther de pétrole	168	170

[1] GILMAN et SCHULZE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2002.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dihydroxy-1.4 anthracène et dérivés alcoylés correspondants. Leur photooxydation et leur photodimérisation.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Yves Lepage**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les dialcoxy-1.4 anthracènes (méthoxy, éthoxy et benzyloxy) ne donnent pas de photooxydes isolables, par suite de la fragilité de la liaison oxygène-carbones en méso, mais fournissent facilement des dimères.

On sait que les photooxydes des diaryl-9.10 dialcoxy-1.4 anthracènes ont la propriété de restituer lentement leur oxygène dès la température ordinaire (1), (2), (3). Nous avons étendu l'étude à la photooxydation des dialcoxy-1.4 anthracènes non substitués en méso.

Pour cela, nous avons entrepris la préparation de quelques dérivés dialcoxylés-1.4 de l'anthracène, à savoir les diméthoxy, diéthoxy et dibenzyloxy-1.4 anthracènes et, accessoirement, celle du dihydroxy-1.4 anthracène, corps déjà connu (5).

I, II, III : a) R = H ; b) $R=CH_3$; c) $R=C_2H_5$; d) $R=CH_2C_6H_5$

IVa) R = H

IVb) $R=C_6H_5$

Quand on traite la quinizarone, ou dihydroxy-1.4 anthraquinone-9.10, I*a*, par l'hydroborure de sodium dans le méthanol on obtient d'abord le quinol correspondant, ou tétrahydroxy-1.4.9.10 dihydro-9.10 anthracène, II*a*, sous forme de sel alcalin soluble dans l'eau et qui se déshydrate en présence d'acide faible en l'anthraquinone-1.4, IV*a*. Cette réaction est à rapprocher de la réaction du bromure de phénylmagnésium, qui fournit le quinol méso diphénylé similaire, lequel se déshydrate sous l'influence des acides en la diphényl-9.10 anthraquinone-1.4, IV*b* (4).

(*) Séance du 28 février 1955.

(1) C. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1822; **209**, 1939, p. 516; **212**, 1941, p. 270; *Bull. Soc. Chim.* (5), **9**, 1942, p. 171.

(2) A. Étienne et G. Bichet, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1134; G. Bichet, *Ann. Chim.*, (7), 1952, p. 234.

(3) A. Étienne et Y. Lepage, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1498.

(4) C. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **14**, 1947, p. 1037; A. Étienne et R. Heymes, *ibid.*, p. 1038.

L'action de l'hydroborure de sodium dans le méthanol sur les diméthoxy-1.4, diéthoxy-1.4 et dibenzyloxy-1.4 anthraquinones, I*b*, I*c*, I*d*, fournit respectivement les quinols suivants en cristaux incolores : diméthoxy-1.4, dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{16}H_{16}O_4$), II*b*, F_{inst} 192° ; diéthoxy-1.4 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{18}H_{20}O_4$), II*c*, F_{inst} 166° ; dibenzyloxy-1.4 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{28}H_{24}O_4$), II*d*, F_{inst} 149°. Ces quinols sont transformés par le trichlorure de titane dans le méthanol en les dialcoxy-1.4 anthracènes correspondants, corps cristallisés jaune pâle, à savoir : diméthoxy-1.4 anthracène ($C_{16}H_{14}O_2$), III*b*, F_{inst} 137° ; diéthoxy-1.4 anthracène ($C_{18}H_{18}O_2$), III*c*, F_{inst} 98° ; dibenzyloxy-1.4 anthracène ($C_{28}H_{24}O_2$), III*d*, F_{inst} 150-151°.

Les deux premiers ont encore été obtenus de deux manières : l'une, en milieu alcalin, par action du sulfate de méthyle ou d'éthyle, l'autre, au contraire, en milieu acide fort, par action des alcools méthylique ou éthylique sur le dihydroxy-1.4 anthracène, lequel a été préparé par réduction de l'anthraquinone-1.4 suivant une méthode déjà décrite ([5]).

Soumis à la photooxydation à l'air, en solution très diluée dans le sulfure de carbone ou l'éther, ces dialcoxyanthracènes paraissent à première vue, non photooxydables, c'est-à-dire incapables de fixer l'oxygène. En réalité si l'on enregistre le spectre ultraviolet-visible d'une solution éthérée de diméthoxy-1.4 et de diéthoxy-1.4 anthracène aussitôt après irradiation en plein soleil sous atmosphère d'oxygène, on constate l'apparition dans l'ultraviolet de bandes correspondant à la formation de 70 % environ d'un endoperoxyde. La solution, abandonnée à l'obscurité pendant un certain temps après l'irradiation, indique qu'il y a eu régénération du dérivé anthracénique initial.

Ces résultats donnent à penser qu'une molécule d'oxygène s'est bien fixée en méso, comme avec la plupart des dérivés anthracéniques, pour donner un photooxyde, mais qu'ici la liaison carbone-oxygène est si labile qu'il est impossible de pouvoir isoler le photooxyde à l'état cristallisé comme on avait pu le faire dans le cas des dérivés méso diphénylés correspondants : les diméthoxy-1.4 et diéthoxy-1.4 diphényl-9.10 anthracènes. Les mêmes mesures effectuées avec le dihydroxy-1.4 anthracène et avec le dibenzyloxy-1.4 anthracène ne permettent pas de conclure à la formation d'endoperoxydes car le premier donne rapidement l'anthraquinone-1.4 et le second s'altère avec formation d'aldéhyde benzoïque.

On vérifie ainsi une fois encore que les aryles en méso de l'anthracène ont une influence stabilisante sur les photooxydes.

Enfin, ces résultats nous donnent à penser que l'inaptitude à la photooxydation de certains anthracènes en présence d'air pourrait bien être due à une trop grande labilité de la liaison carbone-oxygène des photooxydes et qu'il

---

([5]) D. B. BRUCE et R. H. THOMSON, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 2759.

y aurait lieu d'envisager la possibilité de mettre en évidence une photooxydation sous pression d'oxygène.

Il est manifeste d'ailleurs, que les positions méso de ces dialcoxyanthracènes sont très photo-réactives si l'on tient compte du fait que les photodimères se forment très facilement lorsque l'on opère en solution diluée ou mieux en solution concentrée dans la plupart des solvants. Les photodimères des diméthoxy, diéthoxy et dibenzyloxy-1.4 anthracènes obtenus sont, comme les autres photodimères anthracéniques, des corps incolores, très peu solubles. Ils fondent instantanément entre 250 et 300° et se décomposent vers 250° en régénérant les composés anthracéniques initiaux.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'adhérence entre ciments alumineux et matériaux enrobés.* Note de M. **Jacques Farran**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Nous avons étudié l'adhérence entre liant et agrégat dans les bétons de ciment alumineux, en utilisant les techniques déjà décrites dans de précédentes Notes (1).

A. *Couche de contact entre ciments alumineux et matériaux enrobés.* — Avec les faibles quantités d'eau employées pour la réalisation des mortiers et bétons, l'hydratation des aluminates conduit rapidement à la formation d'une pâte ayant l'apparence d'un gel, qui enrobe les grains de ciment encore anhydres et qui assure le contact entre la masse du liant et les agrégats inertes. Cette pâte est suffisamment fluide au début de la prise pour recouvrir totalement l'interface de contact entre le liant et les agrégats enrobés; elle est essentiellement constituée par de la chaux et de l'alumine en proportion pratiquement équimoléculaire et par de l'eau; son indice de réfraction est 1,49-1,50; après 24 h, son caractère cristallin est très net à l'examen aux rayons X mais invisible au microscope.

La pâte de contact liant-agrégat prélevée sur des éprouvettes conservées pendant trois semaines à un mois, dans de l'eau à 20° C, conduit au même spectre de rayons X que les pâtes plus jeunes, mais l'observation microscopique y met en évidence des cristaux biréfringents, groupés en rosettes par suite de leur développement au sein d'une pellicule lamellaire. Au cours du vieillissement, la cristallisation visible s'étend dans la pâte qui est, après deux à trois mois, complètement transformée en un tapis continu de rosettes biréfringentes. Par la suite, ces rosettes s'organisent et donnent naissance à des individus bien différenciés pratiquement jointifs, que l'on observe sur les pellicules de contact âgées de six mois. Durant toute cette évolution, le spectre de rayons X reste identique à celui que l'on obtient sur les pâtes jeunes.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 73 et 238, 1954, p. 2095.

Le développement de la cristallisation s'accompagne d'une contraction des pellicules de contact; tandis qu'au début elles adhèrent de façon continue à l'agrégat, elles ne le touchent plus, après quelques mois, que par certaines faces des cristaux qui se sont formés.

L'observation microscopique de pellicules complètement cristallisées montre qu'elles sont constituées dans leur quasi-totalité par des cristaux d'une seule espèce : ils sont de signe optique positif et les indices mesurés à 20° C pour la raie jaune du sodium sont : $n_\omega = 1,489$; $n_\varepsilon = 1,507$. Les grains automorphes se présentent en tablettes hexagonales bipyramidées aplaties. L'analyse chimique conduit à la formule d'un aluminiate monocalcique hydraté $Al_2O_3.CaO.6\text{-}8\,H_2O$. Le spectre de rayons X est caractérisé par des raies très fortes à 14,6, 7,3 et 3,58 Å ainsi que des raies fortes à 4,77, 3,26 et 2,91 Å (2).

A côté de l'aluminate monocalcique hydraté on observe la formation occasionnelle de faibles quantités de gibbsite en microcristaux. On doit l'attribuer à des excès locaux de la concentration en alumine.

Remarque. — Si on laisse sécher à l'air les éprouvettes après le gâchage, des fissures de retrait se développent à travers la masse du liant et aux contacts liant-agrégats. Lorsqu'on immerge ensuite ces éprouvettes dans l'eau du bac de conservation, les fissures se remplissent d'eau et jouent le rôle de poches où la dilution du ciment est grande; on observe dans ces conditions la cristallisation d'aluminate bicalcique hydraté en sphérolithes automorphes accompagnant l'aluminate monocalcique hydraté.

B. *Conséquences en ce qui concerne l'adhérence entre ciments alumineux et matériaux enrobés.* — L'existence d'une pâte de contact enrobant parfaitement les agrégats au début du durcissement, et sa transformation ultérieure en un tapis de fins cristaux sont très favorables à l'adhérence par rugosité dans les bétons de ciments alumineux. Le manque de données concernant la structure de l'aluminate monocalcique hydraté ne nous permet pas encore de préciser si des adhérences épitaxiques sont possibles avec certains minéraux. Nous n'en avons, en tous cas, pas observé jusqu'à présent. Il est cependant important de remarquer que l'aluminate monocalcique hydraté des pellicules de contact se carbonate à la longue, comme nous avons pu

---

(2) On trouve dans la bibliographie peu d'indications concernant la cristallisation d'un aluminate monocalcique hydraté lors de la prise des ciments alumineux. Assarsson [*Sveriges geologiska undsersökning*, Arbok, 1936, série C, 30 (6), n° 399], cependant, a observé la formation d'un « gel de composition $Al_2O_3.CaO.10\,H_2O$ » donnant des raies caractéristiques à 7,68, 4,76, 3,58, 2,90, 1,96 et 1,94 Å.

Guinier et Brocard (*Pub. tech.* n° 1 *C. E. R. Ind. des Liants Hydrauliques*), d'autre part, indique que le produit d'hydratation de l'aluminate monocalcique $Al_2O_3.CaO$ ne serait « aucun des aluminates hydratés classiques, bi, tri, ou tétracalcique, mais un quatrième aluminate, hexagonal, caractérisé par des raies très fortes à 14,6, 7,3 et 3,58 Å ».

le constater sur de vieilles éprouvettes; la calcite ainsi formée doit pouvoir, en milieu humide, donner des adhérences épitaxiques au contact d'agrégats calcaires.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Stéréographe : Un appareil permettant de déterminer rapidement les orientations des cristaux à partir de diagrammes de Lauë.* Note (*) de M. **Henri Jean Latière**, transmise par M. Louis Néel.

Notre but a été de réaliser un appareil simple permettant de déterminer à partir de diagrammes de Lauë directs, les orientations des cristaux, d'une manière plus rapide, aussi précise et donnant une meilleure visualisation de cette orientation que les méthodes usuelles de projection graphique.

Cet appareil matérialise dans l'espace, la méthode graphique de E. Schiebold et G. Saachs (1).

Le principe de l'appareil est le suivant :

a. Soit un losange ABCD articulé (*fig.* 1), dont les points A et B ainsi donc que la direction AB sont fixes dans l'espace. Ce losange est tenu au-dessus du diagramme X à dépouiller F, de façon que la trace AB sur

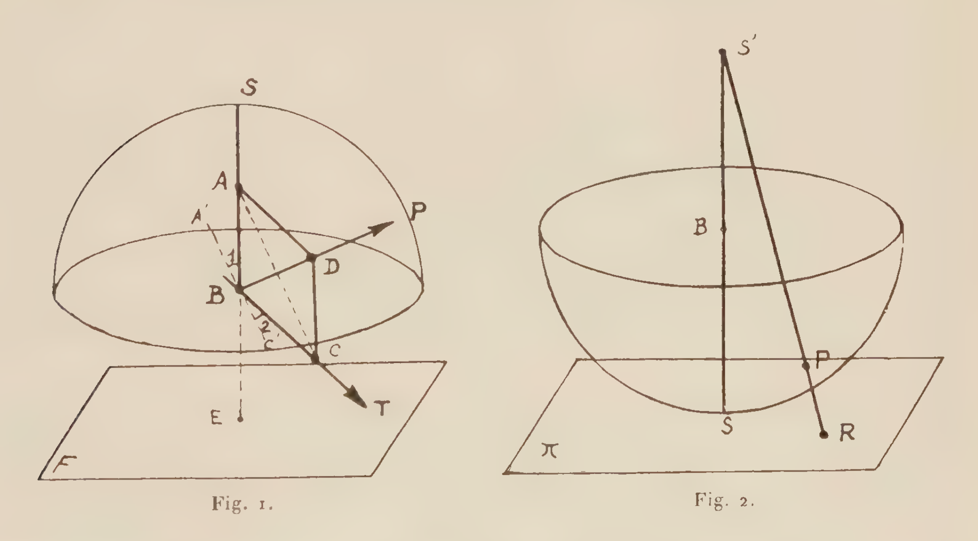


Fig. 1.

Fig. 2.

le film passe au point central de celui-ci, et que la distance BE corresponde à la distance film-échantillon du diagramme. Si alors on met le bras BC en direction d'une tache T du diagramme, il est facile de se rendre compte

(*) Séance du 7 mars 1955.

(1) *Z. crist.*, 63, 1926, p. 34.

d'après la figure que la diagonale AC sera parallèle au plan diffractant A'C' et que l'autre diagonale BD coupera donc la demi-sphère en plexiglass centrée sur B, en un point P qui sera le pôle correspondant à la tache T. On marque à l'encre ce point P sur la demi-sphère et on répète l'opération pour l'ensemble des taches T.

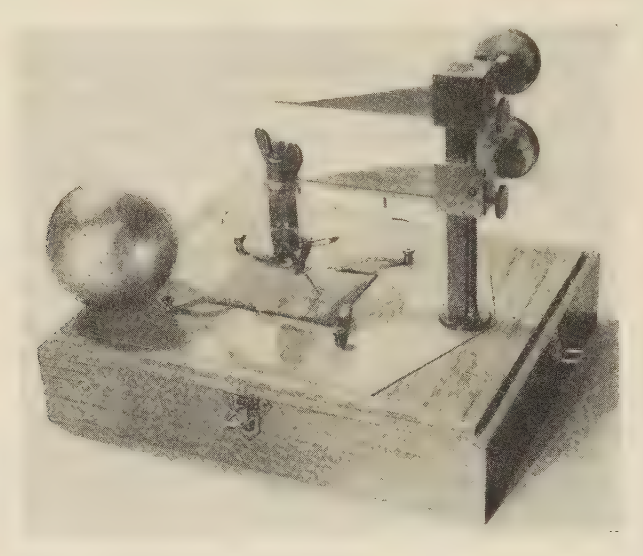


Fig. 3.

b. On coiffe avec cette demi-sphère ainsi ponctuée une « sphère des pôles » sur laquelle ont été pointés à l'avance et indicés tous les pôles des plans du système cristallographique en cause, et on cherche par glissement de la demi-sphère à amener en coïncidence les tâches de l'une et l'autre sphères, ce qui permet d'indicer à leur tour les taches de la demi-sphère. Cette demi-sphère des pôles indicés permet soit de visualiser les orientations des plans, soit de repérer l'orientation du cristal dans l'éprouvette examinée, etc.

c. Si on veut en outre obtenir directement une projection stéréographique indicée, il suffit de placer la demi-sphère indicée sur une feuille de papier π (*fig*. 2). En visant chaque point P par un œilleton S' symétrique de S par rapport au centre B de la demi-sphère, on obtient immédiatement le point de projection stéréographique R correspondant à P.

On voit sur la figure 3 la photographie de l'appareil dans la phase (*a*). On a ajouté l'œilleton et la sphère des pôles qui sont en position d'attente.

Cet appareil nous sert maintenant couramment et nous permet de déterminer rapidement et commodément les orientations des cristaux à $\pm$ 1° près.

GÉOLOGIE. — *Existence de plusieurs termes de la série éocène dans le Tell septentrional entre Cherchell et Flatters (Algérie).* Note de MM. **Georges Busson** et **Jean Magné**, présentée par M. Charles Jacob.

Au cours du lever (G. B.) de la région du Djebel Gouraya (Feuille au 1/50 000e : *O. Damous*), nous avons découvert, au-dessus du Maestrichtien, de riches microfaunes (J. M.), mettant en évidence l'existence de Danien, de Paléocène, d'Éocène inférieur, de Lutétien et de Bartonien, dans des terrains intégralement attribués jusqu'à maintenant au Crétacé.

Sur le massif de Miliana, l'Éocène inférieur et moyen n'avait jamais été signalé ([1]), ([2]), ([3]). Quant aux affleurements d'« Éocène supérieur » ([1]), ([4]), ils étaient à rattacher au « Numidien », c'est-à-dire aux dépôts succédant à la phase orogénique pyrénéenne.

L'ensemble des affleurements daniens et éocènes, que nous avons découverts, avait été cartographié ([4]), ([5]), en l'absence d'arguments paléontologiques, soit en Sénonien, soit en Cénomanien.

C'est dans la région comprise entre le Djebel Gouraya et la mer, que la série la plus complète semble être représentée, en l'état actuel de nos recherches.

1. Le *Sénonien terminal* qui affleure au pied Nord et Nord-Est du Djebel Gouraya est représenté par des argiles schisteuses noirâtres, des niveaux de calcaires et des marnes jaune clair. Celles-ci ont fourni des associations microfauniques pauvres, caractérisées par la rareté des éléments pélagiques (*Globotruncana stuarti* de Lap.), *G. arca* Cusch., *Gumbelina* sp.) et la fréquence des Foraminifères arénacés (*Spiroplectammina*, *Haplophragmoides*, etc.) et des Silicinidés (*Rzehakina epigona* var. *lata* C. et J.).

2. Au-dessus, des marnes schisteuses noires, tendres, interstratifiées de bancs calcaires et de marnocalcaires feuilletés, ont fourni (au point 429,9-358,7) une microfaune, d'âge *danien*, se caractérisant par une association pélagique à Globigérines abondantes : *Globigerina triloculinoides* P., *G. pseudobulloides* P., ainsi que des Cibicidés et quelques formes arénacées (*Ammodiscus* sp., *Textularia*, *Spiroplectammina*, *Glomospira*) et *Rzehakina epigona* var. *lata*. Cette formation affleure sur plus de 3 km de part et d'autre de l'O. Mazoum. Son épaisseur ne doit pas excéder une centaine de mètres.

3. En 425,9-362,2 des marnes jaunes ont livré une faune planctonique à *Globigerina trilocunoides*, *Globorotalia acuta* Toulmin, *G. membranacea* Ehr. et un benthos pauvre à *Spiroplectammina* cf. *S. spectabilis* G. et *Rz. epigona* var. *lata*, suffisants pour caractériser le *Paléocène*. Par son faciès, cette formation ne s'individualise guère sur le terrain.

4. Dans une barre calcaire de 20 m d'épaisseur, surmontant en 431,7-357,4 les marnes

(1) L. Glangeaud, *Bull. Serv. carte géol. Algérie*, 2e série, n° 8, 1932.

(2) L. Glangeaud, *XIXe Cong. géol. inter. Monog.*, 1re série, n° 25, 1952.

(3) J. Flandrin, *Bull. Serv. carte géol. Algérie*, 2e série, n° 19, 1948.

(4) L. Glangeaud, *Carte géol. du Nord-Ouest de la Province d'Alger au* 1/200 000e, 1936.

(5) L. Glangeaud et A. Brives, *Carte géol. de l'Algérie* au 1/50 000e : Feuille *Cherchell-Gouraya*, 1927.

daniennes, une mince intercalation marneuse contient une microfaune pélagique à Globigérines : *G. triloculinoides*, *G. eocenica* T., *G. soldadoensis* Br., *Globorotalia acuta*, *G. crassata* var. *densa* Cush. *G. aragonensis* Nut., etc. Ces espèces nous permettent d'attribuer cette barre au *sommet du Paléocène* ou même déjà à l'*Éocène inférieur*.

5. D'épaisses formations, semblant pour l'instant azoïques, sous-jacentes aux marnes du Lutétien supérieur, pourraient représenter l'Yprésien et le Lutétien inférieur : en particulier les 120 m de calcaires et calchistes bleus à patine blanchâtre de la barre Kt-Azarou-Kt-Ahouizine (F. *O. Damous*).

6. Des argiles schisteuses noirâtres, à rognons de calcaires à patine brun rouille et contenant des lentilles de marnes tendres beiges ou crèmes, occupent en particulier tout le bassin-versant de l'O. Iklelen en aval du Kt. Azarou, sur une épaisseur de l'ordre de 500 m. De nombreux prélèvements nous ont montré un plancton du *Lutétien supérieur*. En 423,7-360,75 (Kef Larais) nous avons : *Globigerina linaperta* F., *G. yeguaensis* W. et A., *G.* cf. *G. mexicana* Cush., *Hantkenina dumblei* W. et A., *Globorotalia crassata* Cush. *G. lehneri* C. et J. avec, en outre, *Bolivina* cf. *B. moodysensis* C. et T. nombreuses, *Anomalina danvillensis* H. et W., *Virgulina danvillensis* H. et W., *Nonionella* cf. *N. insecta* Sch., etc.

Au fond de l'O. Iklelen (426,95-360,15), s'intercalent dans cette série de minces niveaux conglomératiques, autour desquels on trouve une microfaune presque identique, toujours riche en Bolivines, mais où les formes pélagiques paraissent moins nombreuses.

Les calcaires massifs à silex du Cap Larès ([5]), en continuité de sédimentation avec ces marnes du Lutétien supérieur, n'ont pas pu encore être datés paléontologiquement.

7. Des argiles marneuses noires, homogènes, dures, finement esquilleuses, épaisses d'au moins 150 m, occupent la dépression au Nord de la cote 369 (428,05-360,9). Entre ce point et le thalweg situé au Nord, des échantillons nous ont livré des Foraminifères du *Lutétien terminal-Bartonien*, où dominent les formes planctoniques : *Globigerina linaperta*, *G. mexicana*, *G. dissimilis* C. et B., *G.* cf. *G. alpigena* G., *G. bulloïdes* var. *cryptomphala* Gl., *Globorotalia centralis* C. et B. (fréquents), *G. crassata*, *G. lehneri*. Nous ne savons encore rien du toit de cette formation : recouverte par le flysch albo-aptien (4,5) à la côte 369, elle butte par faille vers le Nord contre le Crétacé.

En d'autres points du Tell septentrional, nous avons déjà pu retrouver des lambeaux d'âge post-Sénonien, localement épargnés par l'érosion, en particulier sous le « Numidien » du Kef Bou Amoud et des Bissa (*F. Ténès*).

Complications tectoniques et analogies de faciès ne nous ont pas encore permis de cartographier les différents termes de l'Éocène et leurs rapports : dès maintenant, ils nous apparaissent en concordance entre eux et avec le Sénonien, en indépendance totale avec le « Numidien ».

Conclusion. — La stratigraphie de ces séries, attribuées au Crétacé, était inconnue avant nos études. Nous commençons seulement à en entrevoir certains traits. Aussi est-il encore prématuré d'aborder dans ces régions l'étude détaillée de la tectonique, qui paraît d'ailleurs très compliquée. Toutefois, d'ores et déjà, les faits observés contribuent à modifier totalement les interprétations paléogéographiques admises ([1]), ([2]), ([3]) pour les différents termes de l'Éocène du Tell.

GÉOLOGIE. — *Homologies entre la tectonique hercynienne et la tectonique tertiaire dans le Sud de la Montagne Noire (Hérault).* Note de M. **Bernard Gèze**, présentée par M. Paul Fallot.

L'orogénèse hercynienne de la Montagne Noire et l'orogénèse tertiaire du Bas-Languedoc présentent toutes deux des phases initiales correspondant à la formation de plis couchés, puis des phases de relaxation ayant permis le glissement d'écailles à rabotage basal. Dans certains cas, il n'y a donc pas de différences essentielles de styles tectoniques entre les orogénèses successives d'une même région.

On sait que le versant méridional de la Montagne Noire est caractérisé, du point de vue tectonique, par la présence de nappes-plis couchés formées probablement au début du Wesphalien et d'écailles à rabotage basal plus tardives mais encore anté-stéphaniennes ([1]).

Or, les régions limitrophes montrent, dans les terrains secondaires et éocènes, des dispositifs tout-à-fait comparables quoique plus réduits et curieusement placés devant leurs homologues hercyniens.

Deux groupes d'exemples illustreront cette remarque :

1° *Tectonique souple. La nappe de Pardailhan* est un vaste feston que l'on peut interpréter comme flanc inverse d'un pli couché sur 25 km et dont les racines seraient masquées par le Tertiaire, au Sud. Bien que le cœur du synclinal renversé sous la nappe comporte un peu de calcaire dévonien, il semble que la structure observable résulte surtout de la grande plasticité des schistes ordoviciens sur lesquels le Cambrien a pu se replier.

L'ensemble de l'unité, orienté Ouest-Sud-Ouest Est-Nord-Est, est haché de failles et décrochements subméridiens dont le jeu a permis à la nappe de venir se mouler, au Nord, contre la zone axiale de la Montagne Noire, un peu oblique par rapport au sens de la poussée. La surélévation actuelle de la zone axiale, qui paraît anormale au front d'une nappe dont il est permis de supposer l'écoulement assez libre à l'origine, résulte du tassement du versant méridional, peut-être sous le poids de la nappe, au pied de sa butée (faille de l'Espinouse).

Le chaînon de Saint-Chinian est également un feston, mais à matériel secondaire et éocène inférieur, qui est venu s'appuyer contre les monts de Pardailhan, au Nord.

L. Barrabé ([2]) en a interprété la région sud-ouest comme un pli couché où le Trias et les calcaires liasiques recouvriraient sur 4 km au moins un synclinal de Néocrétacé et Éocène inférieur dans lequel dominent les marnes plastiques. M. Casteras ([3]) a ultérieurement

---

([1]) B. Gèze, *Mém. Soc. géol. Fr.*, **29**, n° 62, 1949.

([2]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, **8**, 1938, p. 493-503.

([3]) *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **80**, 1945, p. 119-144.

donné une étude complète du chaînon qu'il considère comme autochtone. Mais les forages de la Société nationale des pétroles du Languedoc méditerranéen ([4]) ont confirmé le charriage important de la région, tout en précisant que, vers l'Est, on a surtout affaire à un empilement de grandes écailles à base triasique et matériel liasique dont les fronts s'encapuchonnent au Nord dans les plis couchés des terrains plastiques plus récents.

Quoi qu'il en soit, le chaînon de Saint-Chinian, doté de séries renversées, s'est moulé contre un massif résistant oblique; des failles et décrochements subméridiens nombreux ont permis ce mouvement; enfin, un affaissement d'ensemble s'est produit au pied du butoir (faille de Saint-Chinian).

A de petites divergences de style près, causées surtout par le jeu du Trias, l'homologie apparaît donc frappante entre nappe de Pardailhan et chaînon de Saint-Chinian.

2° *Tectonique cassante. Les écailles de Cabrières*, charriées sur un substratum de schistes dinantiens, comportent une unité méridionale relativement simple (calcaires dévoniens sur schistes gotlandiens) et une unité septentrionale complexe (nombreux paquets de Dévonien et Dinantien fortement plissés, dont la base, franchement rabotée, repose sur une « semelle » de schistes ordoviciens.

Cette structure, qui semble due initialement à une poussée venue du Sud, résulte principalement d'un écoulement par gravité en direction de zones largement déblayées par l'érosion dans la jeune chaîne hercynienne. Le rôle de « couche-savon » de la « semelle » ordovicienne apparaît capital, mais il convient probablement de tenir compte aussi des schistes dinantiens charriés, qui s'engagent parfois sous les plis rabotés jusqu'à s'intercaler longuement entre Ordovicien et Dévonien.

Les écailles de Clermont-l'Hérault sont des paquets de Lias ou de Lutétien plissés et rabotés à leur base, sur une « semelle » d'argiles gypsifères du Keuper. Celle-ci paraît avoir glissé elle-même au-dessus des grès du Trias basal, transgressifs sur la zone des écailles de Cabrières.

Les contours de R. Nicklès sur la feuille de Bédarieux sont assez erronés. J'en ai fait, en 1939 et 1946, une révision par levés sur photographies aériennes (mission 1937). R. Plégat ([5]), n'ayant pas connaissance de ce travail inédit, a dressé plus tard une carte fort bonne et reconnu le décollement généralisé au niveau du Trias lors d'une phase d'écoulement par gravité dont l'âge est compris entre l'Eocène moyen et le Miocène (Oligocène selon M. Gottis, 1952). Si nos observations fondamentales sont identiques, elles divergent en de nombreux détails et je crois avoir distingué, plus que R. Plégat, l'intensité caractéristique du rabotage basal.

Suivant les points, les divers termes du Lias, depuis le Rhétien (qui succède alors en continuité au Trias) jusqu'au Toarcien, viennent en contact avec la « semelle » triasique. Mais le Lias marneux charrié (Domérien-Toarcien)

([4]) M. Gottis, *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 7, n° 11, 1952, p. 395-406.

([5]) Diplôme d'Études supérieures, Montpellier, 1952.

s'engage lui-même sous les plis rabotés et se trouve alors intercalé entre Trias et Lias calcaire (Rhétien à Pliensbachien) ou se rencontre en paquets isolés, tout seul sur le Trias.

Ainsi, l'homologie est parfaite entre écailles de Cabrières et de Clermont : schistes ordoviciens et argiles triasiques des « semelles », masses calcaires rabotées du Dévonien et du Lias (ou du Lutétien), schistes dinantiens et marnes liasiques jouent des rôles équivalents jusque dans les moindres détails.

GÉOLOGIE. — *Présence du Wealdien dans la série salifère de la zone des diapirs* (*Tunisie septentrionale*). Note de M. **Jean Bolze**, présentée par M. Paul Fallot.

En Tunisie septentrionale, les formations salifères de la zone des diapirs étaient considérées, jusqu'à une date récente, comme représentant le Trias à faciès germanique. Mais leur encadrement stratigraphique a conduit à les attribuer, depuis, au Jurassique (1); postérieures aux séries terminales dolomitiques de l'Ichkeul et de l'Haïrech, elles étaient nécessairement antérieures aux premières couches crétacées sus-jacentes.

Des travaux récents ont permis de préciser l'âge des plus anciennes de ces dernières et de dater de façon certaine le sommet de la série salifère.

En effet les affleurements de quartzites et de marnes attribuées jusqu'à présent au Néocomien, dans la zone des diapirs, sont d'âge barrémien supérieur ou plus récent. Dans la vallée de l'Oued Arkou, 20 km au Sud-Ouest de Téboursouk, les grès contiennent la faune classique de l'Aptien à Orbitolines. A l'extrémité nord-orientale du Djebel Cheïd, P. Sainfeld (2) a pu attribuer les couches de la vallée de la Siliana à l'Albo-aptien. Dans la région Oued Zerga-Bejaoua, les calcaires en plaquettes à *Crioceras dilatatum* d'Orb. du Ragoubet el Kahia (3) sont en réalité des plaquettes à faune cénomanienne typique (*Turrilites*, *Scaphites*, *Schloenbachia*). Enfin sur les deux flancs du chaînon salifère Lansarine-Baouala le Crétacé marin débute par du Barrémien supérieur, à Djedaria (4), et par de l'Aptien au Baouala.

On remarquera que dans toutes ces régions l'Aptien présente partout le même faciès : terme inférieur gréseux et terme supérieur marno-calcaire.

Immédiatement subordonnée à ce Crétacé marin, la série salifère offre, pour sa partie supérieure, un faciès également constant. Il s'agit d'une soixantaine de mètres d'alternances de marnes bariolées, gypses et grès

(1) J. Bolze, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2103.

(2) *Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie*, Tunis, 1952, p. 144.

(3) M. Solignac, *Étude géologique de la Tunisie septentrionale*, Tunis, 1927.

(4) P. Jodot, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), 20, 1920, p. 3-8.

micacés à stratification entrecroisée de teinte bleu-vert ou lie de vin, surmontant une puissante masse de gypse. On observe, de plus, dans quelques coupes tranquilles, un passage continu, vers le haut, de ces formations aux termes inférieurs gréseux de l'Aptien, les grès phylliteux devenant les quartzites mouchetés et les marnes bariolées, les marnes vert-sombre de cet étage.

Ces remarques stratigraphiques indiquent déjà que le sommet de la série salifère englobe certainement le Néocomien. Mais des découvertes paléontologiques confirment ce point de vue.

En effet, jusqu'à présent, la série salifère n'avait livré, depuis l'Oued Tessa jusqu'à Bizerte, qu'un moule interne de tige d'*Equisetites* découvert à Djedaria et déterminé par P. Bertrand comme E. arenaceus *Bronn.* ([3]). Guidé par une remarque orale de J. Ph. Lefranc sur l'analogie de faciès existant entre les grès de la série salifère du Baouala et les grès à végétaux wealdiens du Sud tunisien et de Tripolitaine, j'ai pu découvrir, d'abord le long de la route Schuiggi à Mateur, une flore abondante à la surface des grès micacés. Par la suite les mêmes bancs fossilifères ont été trouvés aux environs immédiats de Mateur, au sommet des formations lagunaires ceinturant, à l'Ouest et au Sud, la boutonnière de l'Ichkeul; puis à 20 km à l'Est de Béja, au cœur du dôme du Béjaoua. D'autres gisements se rencontrent encore dans le diapir de Thibar, soit le long de la route d'Oued Zerga à Béja, soit entre Sidi Smaïl et Thibar. Enfin, à Fedj El Adoum et dans le Djebel Cheïd, près de Gafour, on compte une douzaine de niveaux fossilifères distincts.

Le fond de cette flore est formé par des conifères. D'autres familles s'y rencontrent, en particulier des *Equisetites* rappelant le moule de Djedaria mais guère mieux déterminable spécifiquement; ces empreintes peuvent s'identifier en réalité à bien des plantes appartenant à des étages différents.

L'étude de ces végétaux, poursuivie par M. E. Boureau, permet déjà, à propos d'un bois à structure bien conservée du Baouala, de fournir la précision suivante : « A la suite d'un premier examen, on peut affirmer qu'il s'agit d'un bois homoxylé à structure généralisée, donc surtout jurassique-crétacé et plus spécialement d'un bois du type *Protopodocarpoxylon*, par conséquent, dans l'état actuel de nos connaissances, toujours crétacé. »

Conclusions. — 1. Les formations argilo-gréseuses, partie supérieure de la série salifère de la zone des diapirs, étant anté-aptiennes et ayant livré une flore déjà crétacée, doivent bien, malgré leur similitude de faciès avec des niveaux triasiques d'Algérie ou de Tunisie orientale ([5]), être rapportées au Wealdien.

([5]) Ch. Gottis et P. Sainfeld, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1954, p. 262.

2. Les bancs contenant la flore wealdienne sont précisément les grès phylliteux bleu-vert ou lie de vin attribués soit aux grès bigarrés ([5]) soit au Keuper ([6]), mais toujours considérés comme des éléments très typiques de la série salifère tunisienne.

3. On notera enfin que ces faciès lagunaires et continentaux, englobant maintenant du Jurassique et du Crétacé inférieur, peuvent être considérés comme représentant, à l'Extrême-Nord de l'Afrique, l'équivalent saumâtre du « Continental intercalaire » saharien.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure tectonique du Jebel Haouanite (Haut-Atlas marocain oriental) et les accidents (« structure d'affaissement » et décoiffement) de sa bordure Nord*. Note de M. **Renaud du Dresnay**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Jebel Haouanite fait partie de la chaîne bordière nord du Haut-Atlas marocain oriental. Il s'étend d'Est en Ouest sur une longueur d'environ 20 km et sépare le domaine des Hauts Plateaux, au Nord, du socle primaire du Tamlelt, au Sud.

Sa base est formée de dolomies et de calcaires dolomitiques, débutant dans le Lias et montant très probablement dans le Dogger. Au-dessus viennent en discordance les grès du Continental intercalaire, puis les marnes cénomaniennes et les calcaires cénomanoturoniens.

La structure tectonique du J. Haouanite est, dans sa partie centrale, celle d'un anticlinal à large rayon de courbure, dont le flanc sud aurait disparu.

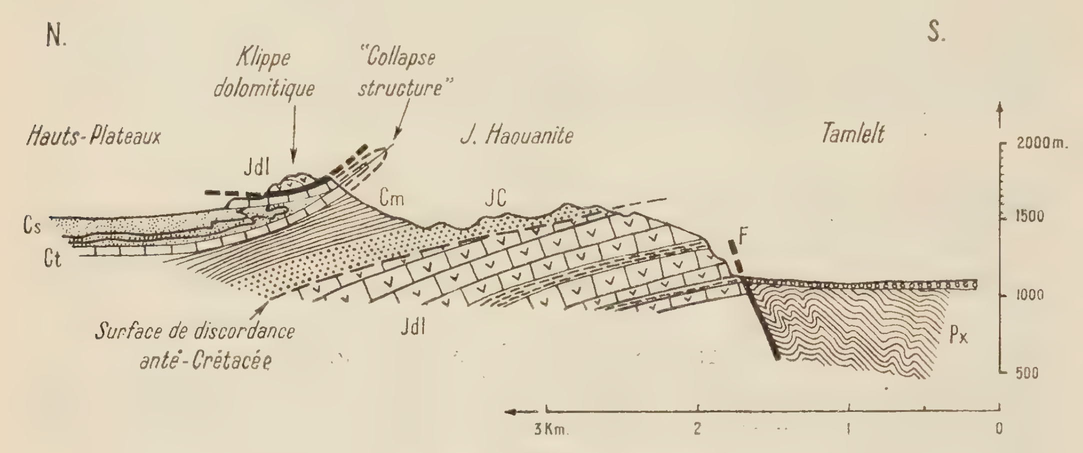
Mais, dans sa partie occidentale, en approchant du Jebel el Orak, le Dogger devenu ici marno-calcaire est, du côté sud, bordé d'une série d'accidents qui amènent parfois un léger recouvrement chevauchant des dolomies du Lias, décollées, sur le Dogger ou sur des horizons plus élevés. Cette tectonique est soulignée par la présence d'un noyau pincé de dolomie jurassique au milieu des schistes primaires fortement plissés et tectonisés, et qui forment le compartiment au Sud du Jebel Haouanite.

Enfin, le sommet du J. Haouanite est formé par la corniche calcaire turonienne, très légèrement plongeante vers le Nord; mais en de nombreux points, cette dalle se rebrousse sur elle-même et est recouverte, directement ou par l'intermédiaire de grès sénoniens, de copeaux ou de chapeaux de Turonien en position anormale : c'est le type des « structures d'affaissement » ou « collapse structures » décrites par J. V. Harrison et N. L. Falcon en Iran ([1]).

([6]) G. Castany, *Notice de la Carte géologique de la Tunisie au* 1/500 000e, 1953.

([1]) *Quarter. J.*, London, 92, n° 365, 1936, p. 91.

Ces lambeaux retournés de la dalle turonienne sont eux-mêmes, en un point, surmontés à leur tour par une masse dolomitique assez déchiquetée, mesurant 1 km de long sur 0,5 de large, légèrement en contrebas de la crête sommitale, sur le flanc nord.



Coupe à travers le Jebel Haouanite.

Cs : Grès sénoniens, avec bancs calcaires à leur base; Ct : Dalle calcaire cénomano-turonienne Cm : Marnes cénomaniennes; JC : Grès rouges du Continental intercalaire; Jdl : Dolomies jurassiques, avec horizons rouges; Px : Schistes primaires indéterminés.

Si l'explication des « structures d'affaissement » de la corniche turonienne est plausible, la présence de ces dolomies, qui ne peuvent appartenir qu'au Jurassique situé en dessous sur le flanc sud, pose un problème plus délicat. Il est exclu qu'elles proviennent de la masse même du J. Haouanite, les dolomies qui la forment ayant été arasées par la surface discordante anté-crétacée, qui se trouve plus bas que le lambeau en question.

On peut donc supposer qu'elles appartenaient à un massif situé plus au Sud, à l'emplacement actuel de la plaine primaire du Tamlelt, et qu'elles en ont été détachées soit par gravité (décoiffement), soit pour une cause tectonique (chevauchement), ou plus probablement par combinaison de ces deux facteurs. Dans ce cas, ce massif, d'une altitude suffisamment élevée pour avoir permis de tels phénomènes, aurait été par la suite érodé, arasé, et peut-être effondré sur l'emplacement actuel des schistes primaires qui en seraient le noyau.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de formations du type dit « périglaciaire » en Algérie orientale.* Note de Mme **Jacqueline Beaujeu-Garnier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

a. Dans l'Aurès. — Quand, en remontant la vallée de l'Oued El Abiod à travers l'Aurès, on traverse le Djebel el Krouma aux gorges de Tirha-

nimine, on peut faire sur le versant Nord de la montagne, immédiatement après le passage des gorges, les observations suivantes : l'aménagement de la piste avait provoqué, en octobre 1954, l'ouverture d'une dizaine de tranchées au pied même du Djebel; ces tranchées entaillaient profondément des matériaux meubles visiblement descendus de plus haut, sur la pente du Djebel el Krouma.

La deuxième tranchée montrait une grande loupe argileuse de 5 m de largeur, formée essentiellement de matériaux fins et bordée de matériel très anguleux, de tailles très diverses, formant des festons au bord des éléments fins. La sixième tranchée, sur la gauche également, offrait une coupe très nette de trois festons identiques à ceux que l'on attribue à la cryoturbation; ces trois festons avaient chacun à peu près 1 m de largeur et 40 cm de profondeur, ils étaient situés à 3 m au-dessous du niveau actuel du sol; on trouvait au même niveau des traces de cailloutis redressés et des petites poches argilo-sableuses, encadrées d'éléments anguleux plus grossiers. Les 3 m de débris situés au-dessus de ces festons étaient constitués par du matériel hétérogène ayant l'allure d'un simple éboulis de versant, sans caractéristiques particulières.

En plusieurs autres points, on a pu observer les faits suivants : loupes argileuses festonnées d'éléments plus grossiers, tri des matériaux, cailloutis anguleux dans des positions très fréquemment anormales s'il s'agissait d'un glissement de pente ordinaire, ces cailloutis étant très aplatis, longs et étroits. Toutes les fois que ces observations ont été faites, il faut souligner la couleur du matériel qui était gris blanc, et se différenciait remarquablement des formations sous-jacentes ou superficielles de teinte rougeâtre.

Ces formes peuvent être rapprochées de celles que l'on attribue généralement au climat dit « périglaciaire ».

On peut ajouter qu'elles se trouvent sur le versant septentrional, exposé au Nord-Ouest d'une grande ride montagneuse qui constitue, actuellement encore, une limite climatique importante en Algérie : sur le versant Sud existent les dernières oasis à palmiers productifs; sur le versant Nord, on trouve une végétation d'arbres à feuilles caduques. Le matériel local qui est constitué par des couches du Crétacé formé de petits bancs calcaires, étroits, séparés par d'épaisses couches marneuses, se montre particulièrement favorable, d'une part à la constitution d'éléments anguleux par gélivation du calcaire et, d'autre part, à la manifestation de la solifluction périglaciaire, étant donné le mélange des éléments durs et lubrifiants.

Sur le bord de la vallée de l'Oued qui forme la gorge, on a pu constater que ces formations de type périglaciaire, blanchâtres, ravinaient les cailloutis alluviaux rougeâtres jusqu'à 10 m environ au-dessus du lit actuel.

Les formations en question sont très limitées au voisinage du versant septentrional du Djebel el Krouma et cessent dès que l'on s'en éloigne.

b. En Kabylie. — Une recherche faite le long du chemin qui suit la crête depuis le col des Chênes jusqu'au col de Tirourda a montré, à l'occasion, des traces d'éléments périglaciaires dont la présence a, du reste, déjà été signalée en Kabylie.

Ces éléments sont surtout constitués par des petits festons de 20 à 30 cm de largeur et de 8 à 10 cm de profondeur; on les trouve surtout sur les pentes exposées au Nord-Ouest.

L'intensité du phénomène varie avec les roches du socle : quand le matériel est gneissique, avec intercalation de gros bancs durs, on a surtout des coulées de pierres éclatées très anguleuses; au contraire, les couches schisteuses avec intercalation d'argile noirâtre ou bien les couches de Trias, plus ou moins hétérogènes, mais renfermant du matériel argileux, se montrent particulièrement favorables à la formation de festons et au tri des éléments fins et anguleux. Très souvent les éléments de ces micro-festons sont décolorés et ont des teintes gris jaunâtre; ainsi, 6,200 km avant le col de Tirourda, une cavité permettait de voir une coupe perpendiculaire à la pente et montrant un grand feston bien dessiné avec rebroussement terminal dans de l'argile blanchâtre.

Étant donné l'étroitesse de la crête et la forte pente des versants, les phénomènes « périglaciaires » typiques ne se rencontrent que sur des espaces réduits, dans des espèces de cuvettes ou sur des replats; partout ailleurs le glissement naturel, rapide sur les versants, n'a pas permis la constitution de telles formations, ou les a détruites depuis longtemps, si elles ont jamais existé. De toutes façons, vers l'aval, ces formes de détail sont bientôt interrompues par le glissement très rapide sur les pentes accélérées des gorges.

On peut supposer que les formations que l'on vient de décrire sont attribuables à un climat différent de l'actuel, sous lequel se forment surtout des coulées de pierres anguleuses et des éboulis de pente ordinaires sur les versants.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les relations entre certains gîtes filoniens d'uranium et la présence d'inclusions radioactives dans les roches encaissantes.* Note (*) de MM. **Marcel Roubault** et **Robert Coppens**, présentée par M. Charles Jacob.

Les travaux effectués en France au cours de ces dernières années par le Commissariat à l'Énergie atomique ont permis de localiser un certain nombre de gisements uranifères filoniens. Ces filons, au remplissage divers

(*) Séance du 7 mars 1955.

mais généralement à pechblende [1], sont tous encaissés dans des roches cristallines acides, granites ou granulites. Dès les premières découvertes, la question s'est posée de savoir si, indépendamment des anomalies de radioactivité décelées à l'aide du compteur de Geiger sur les affleurements filoniens eux-mêmes, il ne serait pas possible d'orienter les recherches minières par une étude systématique de la radioactivité des roches encaissantes. Dans cet esprit, dès 1951, des premières mesures de teneurs furent faites, transversalement aux filons observés, en particulier sur le gisement de pechblende de La Crouzille (Haute-Vienne); elles montrèrent une chute extrêmement brutale de la radioactivité au passage filon-éponte et pratiquement la radioactivité de la roche encaissante, mesurée à l'aide de compteurs de Geiger-Müller de prospection, se révéla très rapidement, et en première approximation, comparable au « mouvement propre » enregistré couramment dans le secteur.

Parallèlement à ces recherches localisées au contact immédiat des gîtes connus, d'autres études de même esprit étaient poursuivies à l'échelle régionale pour déterminer la présence d'éventuelles relations entre les zones de gîtes exploitables et la radioactivité moyenne des massifs voisins; à cet effet, des mesures de radioactivité au sol, accompagnées d'études de la radioactivité des roches elles-mêmes, furent entreprises aux sommets d'un réseau orthogonal de maille kilométrique dans quelques régions des Vosges, du Massif Central et de Bretagne. La radioactivité était alors généralement mesurée au compteur de Geiger, plus rarement à l'aide des plaques nucléaires [2]; cette dernière méthode apparemment moins rapide, présente par contre le très grand intérêt de permettre, grâce au rayonnement α, la mise en évidence et la localisation d'inclusions uranifères ou thorifères.

L'observation, grâce à ces plaques, de quelques anomalies dans des roches communes du Sud de la Bretagne nous incita à reprendre par ce procédé l'étude des roches du gisement de La Crouzille; le résultat en fut la mise en évidence de l'activité faible mais cependant anormale des roches jusqu'alors considérées comme stériles et la constatation de la présence d'inclusions à forte radioactivité [3]. La même observation, faite à proximité du gisement de La Chapelle Largeau (Deux-Sèvres), conduisit finalement à une étude méthodique des secteurs avoisinant plusieurs gisements connus, étude faite sur des échantillons dont l'origine exacte était inconnue de l'expérimentateur.

Les résultats obtenus peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

---

(1) M. Roubault, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 214.

(2) R. Coppens, *Bull. Soc. Fr. Min. et Crist.*, 73, 1949, p. 217-321 et *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 724.

(3) R. Coppens, *Rapport C. E. A.*, inédit, janvier 1953.

1° A l'Écarpière, près de Clisson (Vendée), le nombre de rayons émis par centimètre carré et par seconde, mesurée aux sommets du quadrillage Lambert de la carte au 1/80 000[e] est compris entre 0,56 et $5,74.10^{-3}$. Les courbes d'égale activité ont permis de dessiner un allongement très net qui se superpose exactement à celui du filon uranifère connu en profondeur.

2° A Hautegente (Vendée), la même méthode utilisée avec un réseau à maille de 200 m a permis de déterminer une zone à forte activité qui se superpose également à une zone uranifère connue par travaux de recherche minière.

3° Des observations comparables ont été faites sur des roches provenant de sondages (l'Écarpière). La mesure des faibles activités α et l'observation des inclusions contenues dans des roches apparemment stériles permet l'établissement de courbes qui se superposent de façon étroite aux courbes d'enregistrement de l'activité γ mesurée au compteur.

Sans attendre le résultat de nouvelles mesures actuellement en cours sur des roches de gisements limousins, on peut donc dès maintenant conclure :

1. Il paraît exister une relation de cause à effet entre l'existence de certains remplissages filoniens uranifères et la présence d'inclusions très fines hautement radioactives (probablement de la pechblende), éparses dans des roches parfois éloignées du filon minéralisé, à des distances pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres.

2. Sur un plan très général, les observations faites montrent dans un cas précis — et qui de prime abord paraissait être un remplissage filonien du type *per ascensum* le plus classique — (type zoné à quartz et fluorine avec pechblende disséminée), que la concentration de l'uranium ne paraît pas indépendante de mouvements de matière dans les roches encaissantes, et ceci même à des distances importantes.

Il serait certes très prématuré d'affirmer que l'idée d'une genèse par venue hydrothermale profonde doit être abandonnée au profit d'une genèse par concentration ou « secrétion » latérale, d'autant plus que l'uranium a peut-être au contraire « diffusé » à partir du remplissage filonien; la question n'en est pas moins nettement posée.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur l'origine du minerai de zinc d'Alby-Fontbonne (Gard).*

Note de M. **André Bernard**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les nombreuses formations minéralisées rencontrées dans le département du Gard peuvent être, dans l'ensemble, réparties en deux grands types de gisements : les uns sont situés dans le socle hercynien de la partie méridionale des Cévennes et les autres, dans la couverture sédimentaire dont les terrains s'étendent du Lias au Séquanien.

Parmi ces derniers, un type est particulièrement fréquent : dans une série

de marnes noires bitumineuses, triasiques, des horizons dolomitiques sont imprégnés de sulfures : blende et pyrite essentiellement, galène à l'état accessoire. Ancienne mine du Soulier, mine de l'Espinette (Concession de Cendras), gisement de Saint-Jean du Pin, gisement du Pradinas, mine de Saint-Félix de Paillères, mine Roman (Concession de Valensole), gisement d'Alby-Fontbonne (Concession des Malines). Tous appartiennent au groupe des gîtes dits téléthermaux, susceptibles d'une interprétation génétique par reprise hydrothermale secondaire ([1]). Le minerai de la couche II d'Alby-Fontbonne est choisi ici comme exemple de ces formations.

1. *Pétrographie du gisement.* — Ici l'horizon minéralisé se trouve à la base de la série des marnes noires du Trias supérieur ([2]), où alternent des lits fins de marnes dolomitiques et de dolomies argileuses. Les marnes dolomitiques présentent les caractères suivants : 41,8 % de carbonates, 52,2 % de minéraux phylliteux, 6 % de corps insolubles. L'analyse de la phase argileuse aux rayons X montre l'illite très prédominante sur la kaolinite. Le pH de cette phase est 7,15.

Les dolomies argileuses, gris noirâtres, présentent microscopiquement un litage extrêmement fin (2 mm) de dolomie pure et claire associée à des lits de dolomie fortement pigmentée par des matières organiques et des hydroxydes ferriques. Le grain moyen de cette roche est très fin (80 μ en moyenne).

La présence de gypse, les caractères des dolomies argileuses [dolomies de précipitation immédiate ([3])], l'association aux marnes noires bitumineuses évoquent un milieu lagunaire, tendant vers la sursalure, de type pénésalin ([4]). L'association illite-dolomite est ici caractéristique d'un milieu de sédimentation riche en cations, de pH légèrement basique ([5]), et les matières organiques lui donnent un caractère réducteur (rH négatif).

2. *Étude de la minéralisation.* — La minéralisation sulfurée présente une texture primaire facile à individualiser. La Blende est, tantôt en petits grains interstitiels entre les cristaux de Dolomite, tantôt en concrétionnements et rubannements de schalenblende liés à des géodes, concordants avec le litage des dolomies argileuses. La structure de la schalenblende, révélée par attaques chimiques est celle de la Blende et non de la Wurtzite (donc, pH de formation légèrement basique en pleine concordance avec celui de la phase argileuse). La pyrite se présente, soit en petits grains (quelques μ de plus grande dimension), interstitiels entre les cristaux de dolomite, généralement associés à la

---

([1]) J. GEFFROY, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6e série, I, 1951.

([2]) F. FOGLIERINI, Rapport inédit, Société Penarroya.

([3]) F. J. PETITJOHN, *Sedimentary Rocks*, New-York, 1948.

([4]) L. L. SLOSS, *Jour. of sedim. Petrology*, 23, 1953, p. 143-161.

([5]) G. MILLOT, *Géologie appliquée et Prospection minière*, II, 1949, nos 2, 3, 4.

blende, soit en zônes pyriteuses pures, bien individualisées. La galène enfin est associée aux rubannements de schalenblende, parfois en zônes concentriques et discontinues.

Le plus souvent les géodes sont tapissées par des cristaux de blende qui constitue apparemment la phase sulfurée terminale. Mais il n'est pas possible d'établir une séquence paragénétique bien définie, en raison du nombre des récurrences si fréquentes dans ces minéralisations à schalenblende. Celle-ci ne présente que peu de gangue associée, si ce n'est une imprégnation très discrète de barytine et de quartz (petits prismes bipyramidés) dans les dolomies argileuses encaissant les zones à schalenblende. Parfois enfin, on rencontre des remplissages géodiques de barytine en gros cristaux, associés à la dolomite secondaire (recristallisée). Enfin, fait important, le plus souvent les rubanements de la minéralisation suivent dans le détail le litage des dolomies argileuses encaissantes.

3. *Hypothèse proposée.* — Cette minéralisation est bien du type téléthermal ; cependant la structure en couches normalement stratifiées du gisement, l'absence dans l'état actuel des connaissances de faille minéralisatrice associée, la texture et la structure du minerai, conduisent à la considérer comme syngénétique.

La similitude des caractères des eaux lagunaires, précédemment définis, et des solutions minéralisantes téléthermales est particulièrement remarquable. L'étude pétrographique et chalcographique permet de définir les premiers : pH (argiles, schalenblende), rH (matières organiques bitumineuses), richesse en chlorures, en CO_2 (précipitation dolomitique) et en cations alcalins. Les derniers sont connus par l'étude des inclusions des sulfures [inclusions hydrosalines ([6])]. Le rôle des chlorures, des carbonates et des bicarbonates, invoqué dans le phénomène de reprise hydrothermale secondaire, s'explique facilement dans cette hypothèse. Enfin, des études récentes sur la géochimie du soufre et des métaux lourds ([7]), ([8]) viennent à l'appui de cette idée.

Indépendamment d'arguments stratigraphiques, paléogéographiques et géochimiques, la seule étude pétrographique et chalcographique de ces formations minéralisées justifie l'hypothèse d'une mise en place par voie sédimentaire du minerai d'Alby-Fontbonne ; l'influence télémagmatique (directe ou par reprise hydrothermale secondaire) semble en l'occurence inexistante.

([6]) F. G. Smith, *Econ. Geol.*, 49, n° 2, 1954.

([7]) K. Sugawara, T. Koyama et A. Kozama, *J. Earth Sciences*, Nagoya University, 1, 1953, n° 1, p. 17 à 23.

([8]) W. C. Krumbein et R. H. Garrels, *J. Geology*, 60, n° 1, 1952.

HYDRODYNAMIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Étude de la formation des rides de sable.* Note de M. **Pierre de Félice**, présentée par M. Charles Maurain.

Les rides de sable, ondulations régulièrement espacées — l'espacement pouvant varier de 4 à 20 cm environ — sont très fréquentes sur les dunes après un vent même moyen. On n'a pas donné jusqu'ici, de leur formation, une explication satisfaisante.

On rencontre souvent sur les dunes des zones ridées contiguës à des zones non ridées, la transition étant très brusque. Or dans les deux cas le soulèvement du sable est apparemment le même. Cela m'a conduit à chercher à mettre en évidence une différence dans la répartition verticale du vent.

1° *Dispositif expérimental.* — Six anémomètres à fil chaud horizontal sont disposés dans un plan vertical perpendiculaire au vent. Chaque fil chaud constitue la quatrième résistance d'un pont de Wheatstone (*fig.* 1).

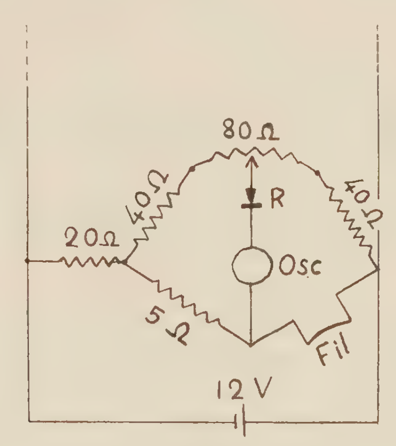


Fig. 1. — Schéma de l'alimentation d'un des fils chauds.

Dans la diagonale du pont, en série avec l'oscillographe enregistreur qui a un temps de réponse de l'ordre de 1/100e de seconde, j'ai placé un redresseur au germanium, fonctionnant en résistance variable ce qui permet d'avoir une courbe d'étalonnage qui, si l'on porte en abscisse la déviation de l'oscillographe en millimètres, et en ordonnée la vitesse, est voisine d'une droite. Le germanium protège l'oscillographe en cas de rupture du fil chaud, sa résistance devenant très grande pour une tension inverse. L'étalonnage se fait dans une soufflerie par comparaison avec un tube de Pitot. Les six oscillographes sont placés dans un enregistreur photographique. La vitesse de déroulement choisie du papier photographique est de l'ordre de 2 cm/s. Les six courbes permettent de construire le profil des vitesses à chaque instant.

2° *Résultats.* — J'ai été surpris de trouver des différences si nettes entre les deux situations.

a. Suivant qu'il y a ou non formation de rides on obtient des profils de vitesses s'écartant notablement l'un de l'autre. Alors qu'au-dessus d'une zone sans rides, le profil, de forme classique, a toujours sa concavité tournée vers les z positifs (*fig.* 2), le profil des vitesses au-dessus d'une zone où les rides sont en formation (*fig.* 3) présente un palier entre les hauteurs 0,7 et 1,5 cm environ, où la vitesse ne croît pas avec la hauteur.

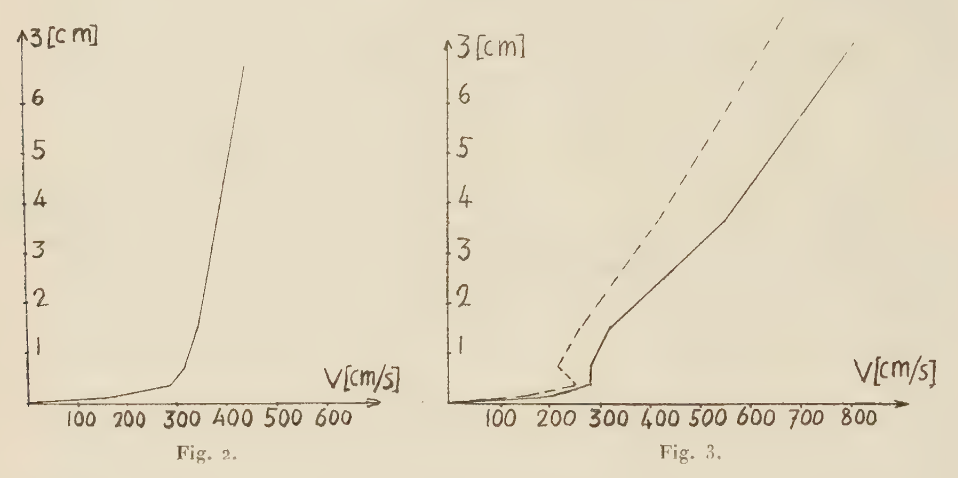


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Répartition de la vitesse au-dessus d'une surface non ridée.

Fig. 3. — Répartition de la vitesse au-dessus d'une surface où les rides sont en formation. Deux cas possibles ont été représentés.

On observe même parfois un minimum de vitesse vers 1 cm. Ce profil des vitesses ne semble avoir encore jamais été signalé. Il est très différent du profil de couche limite généralement admis.

b. Il y a également une différence très nette dans l'aspect des courbes d'enregistrement :

L'amplitude des variations rapides est beaucoup plus grande dans le cas où il n'y a pas de rides (*fig.* 4). En outre, dans le cas où il se forme des

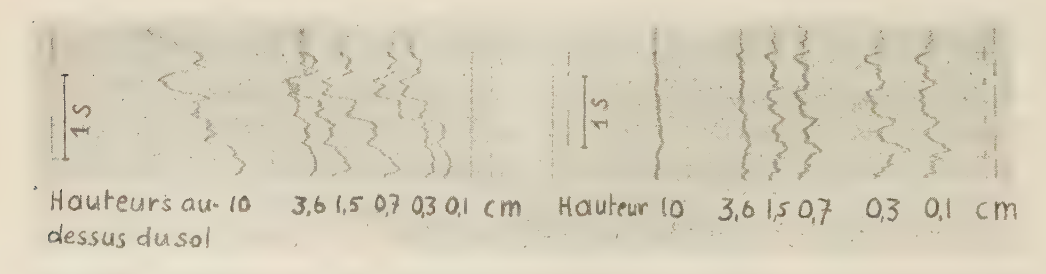


Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 4. — Enregistrement au-dessus d'une zone non ridée.

Fig. 5. — Enregistrement au-dessus d'une zone où les rides sont en formation.

rides (*fig.* 5) ces variations rapides ont une très faible amplitude au-dessous de 1,5 cm.

Je cherche maintenant à explorer plus en détail la région intéressante située entre le sol et 1,5 cm de hauteur, ceci dans la nature et au laboratoire. J'espère pouvoir faire une théorie de la formation des rides de sable sous l'effet du vent grâce à ces résultats.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence de deux espèces éteintes de Rongeurs Cricetinés dans les brèches ossifères villafranciennes de Sète.* Note de M. **Louis Thaler**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Sur la côte rocheuse de Sète se trouvent des grottes anciennes démantelées par la mer actuelle. Ces grottes contiennent une brèche ossifère à ciment stalagmitique, découverte récemment par P. Ellenberger qui m'en a confié l'étude ([1]). Les moyens mis à ma disposition par le C. N. R. S. m'ont permis d'en entreprendre l'exploitation systématique. On y trouve principalement des Rongeurs et des Insectivores. Les quelques débris de gros Mammifères que l'on y rencontre proviennent de Ruminants et d'un Cheval. J'en ai aussi extrait de rares restes d'Oiseau.

En ce qui concerne les seuls Rongeurs, on trouve en abondance trois formes déjà reconnues, appartenant aux genres *Apodemus*, *Mimomys* et *Eliomys* ([2]). Il faut y ajouter deux espèces disparues appartenant aux genres *Ruscinomys* (Depéret) et *Cricetus* (Leske), dont la brèche de Sète vient de me fournir les restes. Ces deux Rongeurs de la sous-famille des *Cricetinæ* font l'objet de la présente Note.

1° *Ruscinomys europaeus* Depéret (*fig.* A et B). — Le genre et l'espèce furent décrits en 1890, d'après un fragment d'hémi-mandibule droite provenant du Pliocène du Roussillon ([3]). Des dents isolées récoltées dans le même gisement, puis dans une brèche inédite récemment découverte par M. Marcelin près de Nîmes, ont été transmises à M. S. Schaub qui a ainsi pu reprendre l'étude de ce genre ([4]) et a décrit pour la première fois une molaire supérieure.

Connu dans deux gisements seulement par des pièces très incomplètes, ce Rongeur restait très rare et mal connu. Or la brèche de Sète paraît en recéler des restes relativement abondants. J'en possède déjà deux hémi-mandibules, ainsi que 12 molaires isolées, inférieures et supérieures,

---

([1]) P. Ellenberger, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3, 1953, p. 85.

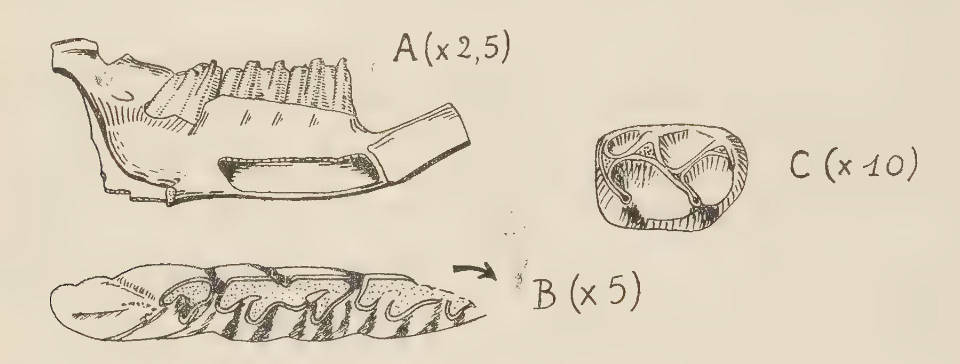
([2]) M. Friant, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 730.

([3]) C. Depéret, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, *Paléontologie*, 3, 1890.

([4]) H. Stehlin et S. Schaub, *Die Trigonodontie der simplicidentaten Nager*, 1951.

présentant divers stades d'usure. D'autres pièces sont en cours de dégagement.

Ruscinomys apparaît comme un Rongeur remarquable. La branche montante, peu développée, de la mandibule ne forme avec la branche horizontale qu'un angle peu marqué, de telle sorte que le niveau du condyle est à peine plus élevé que le bord supérieur de la rangée de molaires. Le diastème est très court. La rangée des dents jugales est très longue par rapport aux autres éléments de la mandibule. L'incisive inférieure est peu courbée. L'apophyse coronoïde semble manquer. Au total, la mandibule présente un aspect inhabituel chez les Rongeurs myomorphes.



De la denture usée dont il disposait, Ch. Depéret n'avait pu dégager des caractères lui permettant de classer le genre *Ruscinomys* dans une famille connue. G. G. Simpson le relègue encore dans les *Myomorpha incertæ sedis* (5). Mais si l'on examine des molaires inférieures pas trop « âgées », on reconnaît aisément que le contour de la table d'usure se dessine suivant le « plan cricétin ». Il est raisonnable de ranger *Ruscinomys* dans la sous-famille des *Cricetinæ* (terme de G. G. Simpson qui correspond aux *Cricetidæ* de S. Schaub).

2° *Cricetus* sp. (*fig.* C). — Le gisement de Sète a fourni deux dents identiques (secondes molaires inférieures droites) provenant d'un Rongeur très proche de l'actuel Hamster (*Cricetus cricetus* L.). Ces dents possèdent un cingulum antéroexterne plus développé du côté lingual. Elles sont proportionnellement un peu plus courtes et, par suite, dans leur ensemble plus carrées.

Du gisement qui a fourni le premier *Ruscinomys*, Ch. Depéret a décrit *Cricetus angustidens* (3). Mais d'après la diagnose, le fossile ici considéré semble différer de cette espèce.

Conclusion. — La présence du genre éteint *Ruscinomys* dans les anciennes

(5) *Classification of Mammals*, 1945, p. 93.

grottes de Sète tend à faire attribuer une grande ancienneté à la brèche qui les remplit. L'ancienneté du gisement est encore soulignée par la présence d'un *Cricetus*, proche, mais distinct, du *C. cricetus* que l'on connaît dans la nature actuelle et le Quaternaire récent de Montmorency. On ne saurait cependant conclure que le remplissage des grottes de Sète s'est produit au Pliocène *sensu stricto*, comme le dépôt des limons roussillonnais du Serrat d'en Vacquer où fut trouvé le premier *Ruscinomys*. En effet la présence d'un Cheval (*Equus* cf. *robustus* selon G. Astre) donne au gisement de Sète un cachet typiquement quaternaire. Enfin l'association faunique comporte *Mimomys pliocænicus* (décrit par F. Major au Val d'Arno), Rongeur qui caractérise strictement en Angleterre, selon M. A. C. Hinton [6], la courte période du Norwich Crag et que l'on retrouve dans divers gisements villafranciens typiques comme celui de Saint-Vallier [7].

Les gisements stratifiés (Perrier, Saint-Vallier, etc.) ne nous apportent qu'une connaissance assez limitée des éléments de la petite faune du Villafrancien. On peut espérer que l'étude de la brèche de Sète permettra de combler largement cette lacune.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les acides aminés libres, les acides aminés des peptides et des protéines dans les feuilles de* Bryophyllum Daigremontianum *Berger*. Note de Mlle **Marie-Louise Champigny**, présentée par M. Raoul Combes.

L'étude des acides aminés libres, des acides aminés résultant de l'hydrolyse des peptides et des protéines des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger a permis d'identifier une quinzaine d'aminoacides. Tous ceux qui sont présents dans les protéines ne se retrouvent pas à l'état libre. Par contre, certains, présents à l'état libre et dans les peptides, ne sont pas dans les protéines.

J'ai décrit précédemment [1] les variations des différentes formes de substances azotées dans les feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger selon leur état de développement (feuilles jeunes, adultes ou sénescentes).

Les feuilles ont été prélevées après la période de protéogénèse dominante (jour), ou bien après la protéolyse dominante (nuit).

Cette étude a été suivie de la détermination de la nature des acides aminés

(6) *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 73, 1953, p. 170.
(7) J. Viret, *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon*, 1954, n° 4.

(1) Communication au VIIIe Congrès International de Botanique, 1954 (sous-section Phys. Nutr., Métabolisme azoté).

présents dans les feuilles à l'état libre et des acides aminés entrant dans la composition des polypeptides et des protéines, et libérés après hydrolyse.

En vue de cette recherche, des feuilles adultes, prélevées l'après-midi, sont fixées dans l'alcool à 95° à l'ébullition. La fraction azotée soluble, obtenue après extraction hydro-alcoolique, puis élimination de l'alcool, est déminéralisée par absorption des cations sur une colonne de permutite C_{50}. Les protéines et les peptides sont hydrolysés par HCl 6 N à 100° C en tubes scellés.

La chromatographie bidimensionnelle sur papier, utilisant comme systèmes solvants, d'une part le phénol ammoniacal, puis le mélange collidine-lutidine, d'autre part le phénol ammoniacal puis le mélange butanol-acide acétique, permet de séparer les différents acides aminés. Les chromatogrammes sont toujours faits en utilisant une quantité d'extrait telle que la quantité d'acides aminés totaux soit la plus élevée possible, tout en restant compatible avec une bonne séparation des acides aminés dont la teneur est la plus élevée.

La teneur des extraits en azote aminé total est très voisine dans tous les cas.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

	Acides aminés libres.	Hydrolyse des peptides.	Hydrolyse des protéines.
Acide aspartique	+	+	+
Acide glutamique	+	+	+
Sérine	+	+	+
Glycocolle	+	+	+
Thréonine	+	+	+
Alanine	+	+	+
Acide γ-aminobutyrique	+	+	
β-Alanine		+	
Valine	+	+	+
Leucines	+	+	+
Tyrosine	+	+	+
Phénylalanine	+		+
Proline		+	+
Hydroxyproline		+	+
Histidine		+	+
Arginine			+
Inconnu 1			
Inconnu 2	+		+

Sur les 13 spots révélés jusqu'à présent dans les extraits de substances solubles, 11 ont été caractérisés. Deux substances n'ont pas été identifiées. L'une, en assez grande quantité, se trouve toujours sur les chromatogrammes au voisinage de l'alanine (inconnue 1, indépendante de

la glutamine). L'autre substance reste auprès de l'acide aspartique (inconnue 2).

La nature des 14 acides aminés résultant de l'hydrolyse des peptides a pu être déterminée. Après l'hydrolyse des protéines, 14 acides ont été identifiés. Un 15e spot correspond à la substance « inconnue 2 » de la fraction soluble.

On peut remarquer, en outre, que la substance « inconnue 1 » n'existe qu'à l'état libre. Par contre, l'acide γ-amino butyrique est présent à la fois à l'état libre et dans les peptides, mais on ne le retrouve pas dans les protéines. La β-alanine n'a été trouvée que dans les hydrolysats de peptides. Il se peut que ces trois substances, acide γ-amino-butyrique, β-alanine et « inconnue 1 » soient des intermédiaires dans la synthèse d'autres acides aminés ou de peptides comme l'ont supposé F. C. Steward et J. E. Thompson (2) pour l'acide γ-amino-butyrique, et A. I. Virtanen (3) pour la β-alanine.

Tous les amino-acides obtenus après l'hydrolyse des peptides et des protéines ne se retrouvent pas à l'état libre. Parmi les amino-acides libres en effet, il n'a été décelé aucune trace des acides aminés à noyau pyrrolique ou indolique, tels que proline, hydroxyproline et histidine qui, par contre, se trouvent dans les hydrolysats des protéines. De plus, de très petites quantités de tyrosine et de phénylalanine sont seulement présents à l'état libre. Il est permis de penser que la synthèse de ces amino-acides est plus lente dans les feuilles que celle des autres amino-acides.

Ces résultats seront ultérieurement complétés par l'étude quantitative des rapports des amino-acides présents à l'état libre, ainsi que dans les polypeptides et les protéines des feuilles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Courbes de croissance, de nécrose et de rendement des plantules de* Cuscuta gronovii *Willd. cultivées sur sable mouillé à l'eau distillée.* Note de Mme **Josette Tronchet**, présentée par M. Raoul Combes.

Pour les courbes sigmoïdes de croissance totale, le coefficient K est sensiblement égal à 0,3 dans les conditions de nos expériences. Les courbes de nécrose sont également du type sigmoïde. Les courbes de croissance du troisième type (longueur de la partie vivante) présentent une *branche descendante* succédant à la branche montante normale.

Les plantules sont cultivées à la lumière blanche diffuse dans des conditions déterminées de température et d'humidité sur sable pur (sable de Fontainebleau lavé aux acides) mouillé à l'eau distillée.

Nous avons tracé de nombreuses courbes exprimant les variations de la

(2) *Annual Review of Plant Physiology*, 1, 1950, p. 233-259.

(3) *Nature*, 142, 1938, p. 674.

longueur totale de la plantule en fonction du temps, depuis l'émergence hors de la graine jusqu'à la fin de la vie libre (sans mise en hôte). Dans les conditions de nos expériences nous obtenons des courbes remarquablement semblables et du type sigmoïde (*fig.* 1, courbe en traits interrompus). De telles courbes expriment le fait que la vitesse de croissance augmente jusqu'à une valeur maximale, puis décroît jusqu'à devenir nulle. Nous avons cherché pour un grand nombre de ces courbes à appliquer la formule de Robertson : $\log[x/(A-x)] = K(t-t_1)$ dans laquelle A est la longueur maximale atteinte par la plantule, t_1 le temps auquel elle atteint la longueur A/2 et x, une longueur correspondant à un temps quelconque t ([1]). Nous avons déterminé la constante K pour des valeurs connues de x et de t dans un grand nombre de nos courbes empiriques et nous lui avons trouvé une valeur moyenne très voisine de 0,3. La formule de Robertson pour les plantules de *Cuscuta gronovii* (à 19° et en atmosphère saturée d'humidité) serait donc

(1) $$\log\frac{x}{A-x} = 0,3(t-t_1).$$

Nous donnons dans la figure 1 (trait plein) la courbe théorique construite suivant la formule (1) pour une observation dans laquelle $A = 168$ mm et $t_1 = 4$, ainsi que la courbe de croissance obtenue empiriquement (traits interrompus). Nous voyons que l'accord entre les deux courbes est très satisfaisant et qu'ainsi la formule (1) paraît représenter assez exactement la croissance de *C. gronovii* sans apport de substances nutritives et dans nos conditions de culture.

Cependant, dans le cas des plantules de *Cuscuta*, de telles courbes ne rendent qu'imparfaitement compte du développement réel. En effet, en même temps que se produit la croissance en longueur et que s'édifient de nouveaux tissus, les parties les plus anciennes se dessèchent, se vident de leur substance, et la longueur de la zone morte augmente peu à peu. Nous avons tracé dans la figure 2 en traits pleins la courbe sigmoïde de la longueur totale et en traits interrompus les variations de longueur de la partie nécrosée de la même plantule. La limite entre les zones nouvellement nécrosées et la partie vivante étant souvent difficile à discerner, les courbes sont parfois moins régulières.

Nous remarquons que cette courbe est encore du type sigmoïde, c'est-à-dire que, comme la vitesse de croissance, la vitesse de nécrose croît jusqu'à une valeur maximale puis se ralentit jusqu'à devenir nulle. A cette *courbe de nécrose* correspond un coefficient K dont la valeur est la même que pour la courbe de croissance ou légèrement supérieure. Il y a toujours un décalage dans le temps

---

([1]) Fauré-Fremiet, *Cinétique du développement*, Presses Universitaires de France, 1925, p. 220-313.

entre les deux courbes, la nécrose ne commençant que 48 à 96 h après le début de la croissance. La longueur totale de la partie nécrosée n'atteint pas toujours la longueur maximale de la plantule. Il peut en effet subsister à l'extrémité distale de la tige filamenteuse desséchée une zone vivante susceptible de survivre plusieurs jours et même plusieurs semaines.

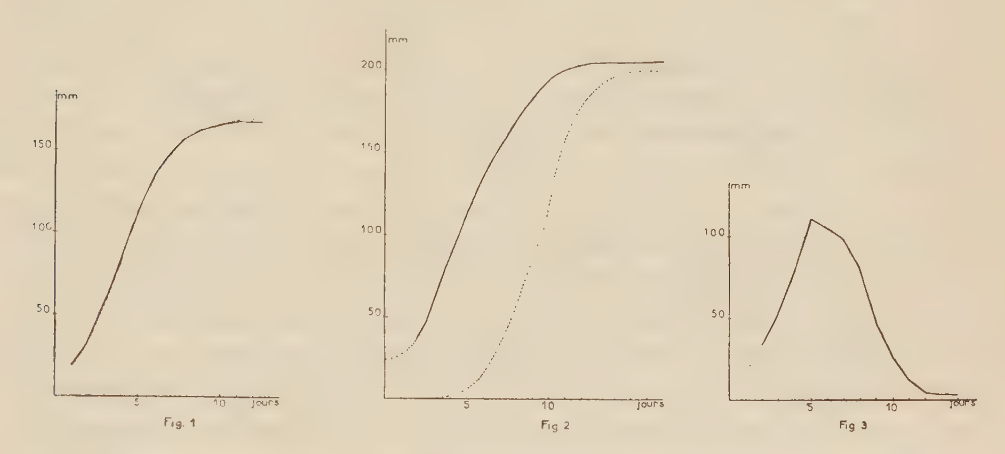


Fig. 1. — Courbes de croissance en fonction du temps : *en trait plein*, courbe théorique construite suivant la formule $\log x/(168 - x) = 0,3\ (t - 4)$; *en traits interrompus*, courbe empirique (observation 251).

Fig. 2. — *En trait plein*, courbe de la longueur totale de la plantule en fonction du temps; *en traits pointillés*, courbe de la longueur de la partie nécrosée pour la même plantule.

Fig. 3. — Courbe de la longueur totale de la partie vivante.

La courbe de la figure 3 représente les variations de longueur de cette seule *partie vivante* en fonction du temps; elle atteint rapidement un maximum — vers le cinquième jour — puis décroît lentement sans devenir nulle. Une telle courbe peut également être considérée comme une courbe de rendement (de Mitscherlich) en fonction du temps. D'autres cultures, effectuées sur sable mouillé de diverses solutions nutritives, nous permettront sans doute de déterminer dans quelle mesure la période de vie libre de ces plantes parasites peut être influencée par un apport de matières nutritives. Remarquons ici que, même cultivées sur sol complet, toutes les plantules de *Cuscuta* présentent cette particularité de croître par la partie distale tandis que la zone proximale se détruit.

D'un point de vue plus général, cette dernière courbe nous paraît intéressante du fait qu'elle représente un cas où une *courbe de croissance comporte une branche descendante*, alors que d'ordinaire, comme l'indique Roussopoulos [2] « la courbe de croissance doit s'arrêter avant que la branche descendante soit atteinte (ou cette dernière à peine atteinte) ».

---

(2) *Ann. Inst. agr.*, 1950.

CARYOLOGIE. — *Remarques sur le caryotype de quelques espèces méditerranéennes au Hoggar*. Note (*) de M. **Pierre Quézel**, transmise par M. Louis Emberger.

Grâce à une mission de l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger, j'ai eu l'occasion de séjourner, en automne 1953, dans le Hoggar. Nous voudrions donner ici un premier aperçu des résultats d'une enquête caryologique faite sur la flore de cette région.

Seule la flore méditerranéenne, résiduelle sur ce massif, sera abordée ici.

En effet, d'assez nombreuses espèces traduisant d'indiscutables affinités avec la flore de l'Afrique du Nord Tellienne se rencontrent encore, çà et là, dans les ravins et les lits d'oueds de la région supérieure. Cette flore, actuellement très localisée sur les sommets, et, semble-t-il, en voie d'extinction, ne peut être expliquée que par une immigration jusqu'au Hoggar et même au Tibesti, à la faveur des périodes pluviales quaternaires. Il est d'autre part remarquable que les taxa méditerranéens présentent ici une tendance très marquée à l'endémisme. Il était intéressant d'en préciser les nombres chromosomiques.

Voici les résultats des investigations sur quelques espèces :

	n.
Atriplex halimus L. var. *hastulata* Maire	36
Chenopodium vulvaria L. var. *incisum* Maire	18
Lavandula Antineæ Maire	24
Verbascum dentifolium Murbeck	32
Senecio hoggariensis Batt. et Trab.	30
Cupressus Dupreziana A. Camus	11
Myrtus Nivellei Batt. et Trab.	11
Ballota hirsuta Benth var. *saharæ* Diels	11
Moricandia arvensis (L.) DC. ssp. *garamantum* Maire	12
Astragalus cruciatus Link. var. *garamantum* Maire	8
Centaurea Foucauldiana Maire	8
Erigeron trilobus (Dec.) Boiss.	9

Bien qu'incomplète, cette liste est intéressante à plusieurs points de vue :

Un trait remarquable est l'abondance des types polyploïdes. En effet, *Atriplex halimus*, dans sa variété endémique centro-saharienne *hastulata*, représente une variété octoploïde de cette espèce ($n = 9$ chez des échantillons des environs d'Alger) largement répandue sur tout le pourtour méditerranéen; *Chenopodium vulvaria*, lui aussi dans sa variété endémique centro-saharienne, constitue un type tétraploïde de cette espèce [1].

(*) Séance du 7 mars 1955.

[1] *Cf.* Winge, *C. R. tr. lab.*, Carlsberg, 13, 1917, p. 131.

Lavandula Antineæ possède 24 chromosomes, alors que l'espèce planitiaire dont elle est affine, *L. stricta*, n'en possède que 12. *Verbascum dentifolium* est lui aussi un tétraploïde vis-à-vis des autres espèces affines de ce genre : *V. Chaixii*, *V. lychnitis* ($n = 16$) (2). *Senecio hoggarensis*, endémique voisin de *S. vulgaris* constitue vis-à-vis de ce dernier, un type triploïde (3).

Les autres types méditerranéens que nous avons pu étudier et qui ne nous ont pas montré de polyploïdie sont constitués, soit par des phanérophytes, soit par des hémicryptophytes dont l'aire de répartition, par opposition aux autres espèces examinées (*Chenopodium*, *Verbascum*, *Senecio*), est, encore à l'heure actuelle, sensiblement continue, depuis le Tell algérien jusqu'au Sahara central.

Les phanérophytes sont : *Cupressus Dupreziana*, *Myrtus Nivellei* et *Ballota hirsuta* var. *Sahariensis*. Ils représentent des types très peu plastiques (sauf *Ballota*) dont la différenciation spécifique date certainement au moins des premières périodes pluviales. Les hémicryptophytes sont constitués par des races locales des polymorphes *Moricandia arvensis* et *Astragalus cruciatus*.

Enfin, *Centaurea Foucauldiana* et *Erigeron trilobus* sont, au contraire, des types archaïques à nombre chromosomique de base faible, appartenant sans doute à l'élément orophile autochtone. *Centaurea Foucauldiana*, en effet, n'a quelque affinité qu'avec *C. Touggourensis* des Aurès, et *Erigeron trilobus* se rencontre, rappelons-le, sur l'Anti-Atlas, le Tibesti et le Sinaï. C'est également dans ce groupe qu'il faut ranger *Pentzia Monodiana*, endémique des sommets du Sahara central, et dont le nombre chromosomique $n = 9$.

Certes, il est difficile de tirer des conclusions définitives de ces quelques observations. Toutefois, soulignons-le, la flore méditerranéenne n'est représentée au Hoggar que par un petit nombre d'espèces (moins d'une trentaine); nous avons donc pu en étudier près de la moitié.

De toute façon, la tendance à la polyploïdie des vestiges méditerranéens dans la flore du Sahara central est à souligner; elle est surtout marquée chez les hémicryptophytes et les chaméphytes géographiquement disjoints et s'accompagne de modifications morphologiques qui permettent de distinguer facilement les types endémiques. Ces faits sont d'autant plus remarquables que nous n'avons pas trouvé à ce jour de polyploïdes chez les espèces saharo-sindiennes ou Soudano-Deccaniennes du Hoggar, à propos desquelles une enquête est en cours et dont plusieurs sont également des races endémiques.

---

(2) *Cf.* Hakansson, *Lunds Univ. Arsskr.*, 21, 1936.

(3) *Cf.* Afzelius, *Act. Hort. Bergiani*, Bd. 5, 1924, p. 123.

Il est donc tentant de considérer la polyploïdie chez les espèces méditerranéennes à aire disjointe sur le Hoggar, comme un véritable processus adaptatif à des facteurs écologiques particulièrement rigoureux. En effet, le climat sur lequel vivent ces plantes n'est plus méditerranéen, et il est probable que seule l'individualisation de races polyploïdes ait souvent assuré la permanence de l'espèce, au moins chez les plantes à cycle végétatif relativement bref.

BOTANIQUE. — *Origine épidermique des bourgeons axillaires sur l'épicotyle de* Linaria chalepensis *Mill.* Note de Mme **Marguerite Champagnat**, présentée par M. Roger Heim.

Sur l'épicotyle de *Linaria chalepensis* Mill., on provoque expérimentalement (par décapitation de la tigelle et ablations répétées des jeunes rameaux hypocotylaires) l'initiation de bourgeons axillaires normalement inexistants. Ils se développent alors aux dépens d'*une seule cellule épidermique*, c'est-à-dire, non comme des axillaires normaux mais comme des bourgeons de régénération (bourgeons hypocotylaires notamment).

Sur l'épicotyle de *Linaria chalepensis* Mill. il n'y a aucun bourgeon à l'aisselle des feuilles. On observe, au contraire, un massif collenchymateux uniformément différencié [1] (*fig.* 1). Bien plus, si on suit l'ontogenèse foliaire, on ne remarque, à aucun moment, les cloisonnements périclinaux qui, sur d'autres pousses de Linaires [2], engendrent ces bourgeons aux dépens des assises sous-épidermiques.

Des essais préliminaires nous ont montré cependant que, dans certaines conditions, leur initiation est possible : en décapitant les épicotyles et en supprimant soigneusement toutes les pousses hypocotylaires dominantes [3] on provoque en effet, en huit jours environ, leur apparition, au moins à l'aisselle des feuilles insérées immédiatement sous le point de décapitation.

Nous avons alors repris l'expérience sur un grand nombre de plantes et, chaque jour, pendant la semaine qui suivit les premières ablations, nous avons fixé au liquide de Regaud 15 à 20 aisselles. Après inclusion, les coupes faites en série à 5 μ ont été colorées à l'hématoxyline de Regaud.

Nous avons pu faire les observations suivantes :

1° Du premier au troisième jour après la décapitation, des cloisonnements apparaissent dans une cellule épidermique située exactement à la place où l'on attend une initiation axillaire; c'est-à-dire, sur la tige, une ou deux cellules au-dessus de la face adaxiale du pétiole (*fig.* 1).

---

(1) M. Champagnat, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 963.

(2) M. Champagnat, *Ann. Sc. Nat.* (*Botanique*) (sous presse).

(3) M. Champagnat, *Bull. Soc. bot. Fr.* (Mémoires), 1952, p. 166.

2° Cette initiale continue à se diviser, donnant très vite un massif important (*fig.* 2). Ses parois, plus épaisses, sont encore parfaitement discernables de sorte qu'on peut affirmer qu'aucune autre cellule épidermique ou sous-épidermique n'a évolué.

3° Dans ce massif cellulaire on note une dédifférenciation cytologique dont les signes habituels ([4]) peuvent être reconnus dès les premières mitoses.

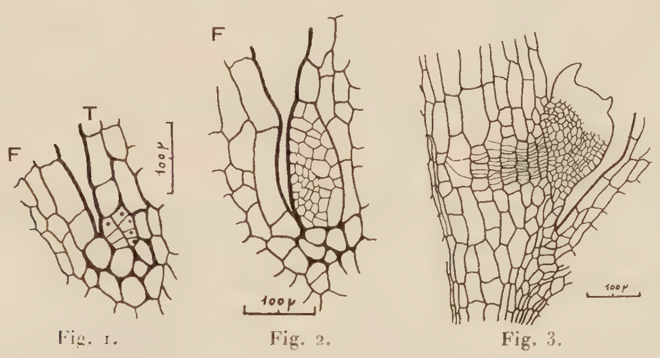


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Origine épidermique des bourgeons axillaires de *L. Chalepensis* (*voir* texte) (F : pétiole foliaire; T : épicotyle).

De plus cette dédifférenciation cesse très vite d'être uniforme : dans un ensemble comme celui de la figure 2, les cellules les plus proches de la cuticule sont toujours, cytologiquement, de beaucoup les plus jeunes. Elles sont aussi les plus petites parce que soumises à un rythme mitotique plus rapide.

4° En conséquence, ce sont ces éléments les plus externes qui engendrent la presque totalité de l'ébauche axillaire. Celle-ci ne tarde pas à faire saillie et du cinquième au huitième jour le premier primordium foliaire s'organise. A ce stade, lorsque les coupes sont parfaitement longitudinales, on ne peut douter de l'origine purement épidermique du jeune bourgeon (*fig.* 3).

Toutefois, un peu avant l'apparition de la première feuille, on note des mitoses dans l'assise sous-épidermique, face au méristème néoformé. Ces cloisonnements, nettement orientés, progressent en direction centripète. Ils finissent par unir la base du bourgeon au cylindre central de la tige (*fig.* 3). En même temps l'aspect collenchymateux de la plupart des cellules de l'aisselle s'estompe; mais les étapes de cette rapide dédifférenciation n'ont pu encore être définies avec précision.

Ces faits apportent une nouvelle preuve de l'importance des processus de dédifférenciation dans la morphogenèse ([5]). Ils constituent aussi la

---

([4]) R. BUVAT, *Ann. Sc. Nat.* (*Botanique*), 11e série, 13, 1952, p. 199-300.

([5]) R. BUVAT, *Ann. biol.*, 26, 1950, p. 399-412.

première description précise d'une initiation purement épidermique de bourgeons axillaires chez une phanérogame ([6]), ([7]). L'analogie est au contraire frappante avec le mode de formation des bourgeons hypocotylaires ([7]), notamment chez les Linaires ([8]). La seule différence, dans le cas présent, est la rapidité plus grande de la dédifférenciation des cellules néoformées les plus externes.

Mais ils laissent de plus entrevoir une possibilité d'analyse de la notion d'induction chez les végétaux et c'est dans ce sens que nous comptons poursuivre ces recherches :

a. Cette initiation si spéciale est-elle une conséquence de la différenciation poussée des cellules axillaires profondes, donc de la naissance tardive des bourgeons ?

Nous pensons le savoir en induisant expérimentalement la formation d'ébauches avant toute collenchymatisation des aisselles; c'est-à-dire en expérimentant sur de très jeunes apex épicotylaires.

b. La localisation axillaire précise de la première mitose est, de plus, très frappante : tout se passe comme si les cellules collenchymateuses profondes, normalement caulogènes, mais trop évoluées pour se dédifférencier rapidement, transmettaient leurs potentialités à une cellule épidermique adjacente. D'autres cellules plus éloignées ou plus profondes peuvent-elles aussi jouir de ces propriétés ? Des expériences utilisant des plantes localement privées de leur épiderme, des destructions par piqûre de certaines cellules axillaires nous l'apprendront peut-être.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les caractéristiques fondamentales du cerveau des Rongeurs* (Rodentia). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le cerveau (Télencéphale) des Rongeurs, plus ou moins surbaissé, est de forme très variée : étroit vers l'avant et large dans son tiers postérieur chez les Lagomorphes (*Lagomys*, Lapin, etc.), il est piriforme chez le Mara (*Dolichotis*) et le Paca (*Cœlogenys*); élargi à l'extrême chez le Porc-Épic (*Hystrix*), il affecte l'aspect d'un losange chez le Cabiai (*Hydrochœrus*).

Le Rhinencéphale, toujours très développé, est séparé du *Neopallium* par une Scissure rhinale qui, continue chez les Lagomorphes, est, en général, interrompue vers son milieu.

La morphologie du *Neopallium* peut être interprétée grâce à l'étude

---

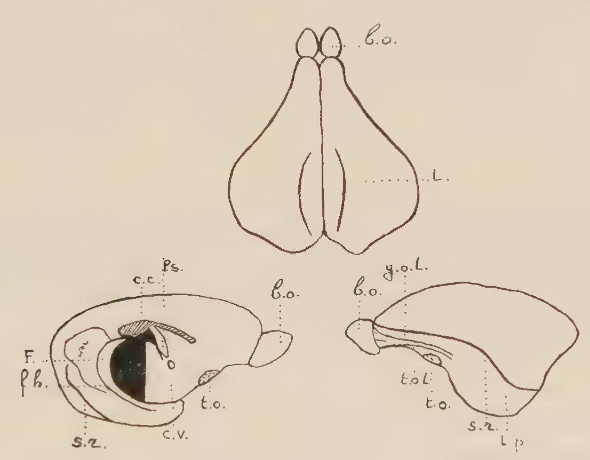
([6]) K. Esau, *Plant anatomy*, John Wiley and Sons Inc., New-York, 1953.

([7]) W. Troll, *Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen*, I, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1937-1939.

([8]) M. Champagnat, *Ann. Sc. Nat.* (*Botanique*), 11e série, 12, 1952, p. 121.

récente du développement cérébral du Cabiai (*Hydrochœrus*), le plus grand des Rongeurs actuels ([1]).

Notons que les petits Rongeurs, l'Écureuil (*Sciurus*) et la Gerboise (*Dipus*), par exemple, comme les petits Mammifères, en général, sont lissencéphales. Mais, fait remarquable, il en est de même pour certaines formes de taille moyenne, le Coendou du Nouveau Monde, en particulier.



Cerveau (Télencéphale) d'un Lapin (*Oryctolagus cuniculus* L.) âgé de 25 jours, provenant du Centre d'élevage du Parc Zoologique, que dirigent M. le Professeur A. Urbain et Mlle M. A. Pasquier. En haut, face supérieure; à droite, face latérale gauche; à gauche, face interne de l'hémisphère gauche. b. o., Bulbe olfactif; c. c., Corps calleux; c. v., Commissure ventrale; F., *Fornix;* f. h., *Fissura hippocampi;* g. o. l., *Gyrus olfactorius lateralis;* L., Latéral; L. p., Lobe piriforme; Ps., *Psalterium*; s. r., Scissure rhinale; t. o., Tubercule olfactif; t. o. l., *Tractus olfactorius lateralis* Grandeur naturelle environ.

Le Lapin (*Oryctolagus*), parmi les Lagomorphes, possède un seul sillon néopalléal, qui est un sillon dorsal postérieur et paramédian, incurvé vers le plan de symétrie; on le retrouve chez tous les Rongeurs plus gyrencéphales : c'est le *Latéral*, ainsi que n'osait l'affirmer G. Elliot Smith, en 1902; il est certainement le plus caractéristique des sillons néopalléaux de l'Ordre entier des Rongeurs.

Le cerveau du Castor présente, en avant du Latéral, un court sillon, le *Coronal* et, sur sa face interne, une brève *Calcarine*, concave vers l'avant, seule trace du Splénial.

Chez le Cobaye (*Cavia*), il existe, en outre : 1° au-dessus de la Scissure rhinale postérieure, un sillon, généralement oblique d'avant en arrière et de bas en haut, qui est une *Ectosylvia* un peu aberrante; 2° sur la face interne du *Neopallium*, vers l'avant, la trace de l'*Intercalaire*. Le *Neopallium* de la Viscache (*Lagostomus*) et celui du Mara (*Dolichotis*) sont du même type que celui du Cobaye avec, en plus, une courte *Præsylvia*.

([1]) M. Friant, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1550; et *Acta Anatomica*, **21**, 1954, p. 239.

La *Suprasylvia*, arquée vers le bas, comme typiquement, est bien marquée chez le Cabiai.

Certains Rongeurs de grande taille présentent une *région palléale operculisée* qui varie, d'ailleurs, avec les groupes. Chez les *Dasyproctidæ* (*Cœlogenys*, *Dasyprocta*) (²), le sillon d'operculisation est la Scissure rhinale, dont les deux lèvres, néopalléale et rhinencéphalique, s'affrontent d'une manière aberrante, faisant disparaître en profondeur, à la fois, la *Præsylvia* et l'*Ectosylvia* (de la lèvre supérieure), en presque totalité. Chez le Cabiai (*Hydrochœrus*) (³), les sillons d'operculisation, *Præsylvia* et, dans son prolongement, *Ectosylvia*, forment la limite supérieure d'une *Insula* néopalléale, comportant le *Gyrus arcuatus* 1, à l'exception de sa partie tout à fait inférieure.

Conclusions. — Le cerveau des Rongeurs est, en somme, caractérisé par :

1° Sa forme élargie et surbaissée;

2° Le grand développement du Rhinencéphale;

3° Le nombre réduit des sillons néopalléaux. Il faut surtout noter :

a. la constance du Latéral, incurvé vers le plan médian (en sens inverse du Latéral des autres Mammifères);

b. la disposition classique du Coronal, en avant du Latéral et plus ou moins dans son prolongement;

c. l'absence fréquente de *Præsylvia*, d'*Ectosylvia* et de *Suprasylvia*, qui sont, au contraire, les sillons les plus caractéristiques et les plus constants du *Neopallium*, dans les autres Ordres mammaliens;

d. chez certains Rongeurs de grande taille, la présence d'une région operculisée, qui n'a pas la même signification dans tous les groupes.

Les *Duplicidentata* (*Lagomys*, *Lepus*, *Oryctolagus*, etc.), par leurs caractères cérébraux comme par leur dentition, sont bien des Rongeurs primitifs, qu'il n'y a pas lieu de séparer, en un Ordre distinct, des *Simplicidentata* (*Sciurus*, *Hystrix*, *Cœlogœnys*, etc.), ainsi que des auteurs éminents l'avaient supposé.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur l'accroissement de la sensation lumineuse par la stimulation sonore, étudiée par la méthode électroencéphalographique et par la méthode des images consécutives.* Note (*) de Mme **Catherine Popov**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans ses travaux sur les réflexes conditionnés chez les Lapins,

---

(²) M. Friant, *Bull. Soc. zool. Fr.*, 70, 1945, p. 15.

(³) M. Friant, *Acta Anatomica*, loc. cit. p. 244.

(*) Séance du 7 mars 1955.

N. Popov [1] nota que le son associé à une stimulation électrique de la patte provoque, très rapidement dans l'aire pariétale, à la place de l'inhibition par induction négative, une excitation corticale qui s'exprime par l'apparition d'ondes fréquentes et régulières.

Dans nos recherches faites avec N. Popov sur le conditionnement électroencéphalographique chez l'Homme, nous avons également constaté que, lorsqu'à la suite de répétitions, le son avait cessé de provoquer l'arrêt α, il suffisait de donner, 2 s après la stimulation sonore, une seule stimulation lumineuse (*fig.* 1 *a*) pour obtenir aux combinaisons suivantes, l'arrêt α dès la stimulation sonore (*fig.* 1 *b*), avec une latence variable selon le type de sujet.

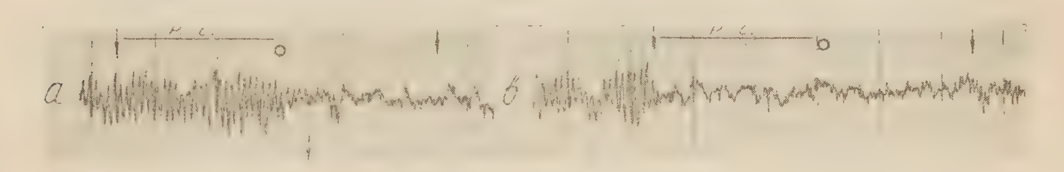


Fig. 1.

Que représente ce nouvel arrêt α après la stimulation sonore ?

Nous savons déjà que l'arrêt des ondes α est dû à une inhibition par induction négative répartie sur le cortex [2], [3]. Par conséquent, on est en droit de supposer la présence d'un foyer d'excitation corticale provoquant cette inhibition.

Quel est le mécanisme d'apparition de cette excitation corticale ? Nous ne pouvons pas encore le préciser; mais, en premier lieu, nous nous efforcerons de prouver qu'il existe bien dans le centre optique une excitation provoquée par le son.

La méthode électroencéphalographique employée par nous pour l'étude des fonctions corticales chez l'Homme, ne peut pas nous montrer ce qui se passe directement dans le centre optique, c'est-à-dire mettre en évidence l'existence d'une excitation similaire à celle rencontrée par N. Popov chez les Lapins avec l'électrocorticographe dans les expériences mentionnées ci-dessus. C'est pourquoi nous avons essayé d'éclaircir cette question par les expériences suivantes.

Méthode. — Le sujet placé dans une cabine obscure reçoit successivement quelques stimulations lumineuses (deux éclats lumineux, lampe

(1) *Année Psychologique*, 1, 1944-1945, p. 132-147; 2, 1946-1947, p. 97-127; 3, 1948-1950, p. 223-250; 4, 1949-1951, p. 121-136.

(2) N. Popov, *Année Psychologique*, 3, p. 415-429.

(3) Mme C. Popov, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1859.

de 100 W placés à 0,80 m) espacées chacune de 2 ou 3 mn. Il reçoit ensuite quelques stimulations combinées (son suivi de deux éclats lumineux), également répétées et séparées de 2 ou 3 mn chacune. La période de retard (intervalle entre les stimulations sonores et lumineuses d'une stimulation combinée) est dans toutes ces expériences de 1,5 à 2 s. Durée du son : 5 à 7 s. Nous avons étudié après chaque stimulation : *a*. la baisse des α au cours de l'action du stimulus; *b*. l'action prolongée (la persistance de la baisse des α jusqu'à réapparition de l'activité corticale spontanée); et *c*. les images consécutives.

Les expériences ont été faites sur quatre sujets représentant des types différents de tracés électroencéphalographiques.

Résultats. — On a obtenu pour les moyennes de durée de l'action prolongée les chiffres suivants :

Sujets.	Après la lumière seule (2 éclats lumineux) (s).	Après la stimulation combinée (son suivi de 2 éclats lumineux) (s).
IN	66	163,5
MR	52	88,5
TK	87	148,5
IL	107	175

ce qui prouve que l'action prolongée était après les stimulations combinées, beaucoup plus marquée qu'après la lumière seule. Également, les ondes α étaient plus nettement diminuées après les stimulations combinées.

En outre les images consécutives qui suivaient une stimulation combinée furent plus nombreuses, plus intenses et plus grandes que celles apparues après une stimulation lumineuse simple, bien que les éclats aient été absolument identiques.

Pour exclure l'influence de l'ordre dans lequel sont données les stimulations, on a fait d'autres expériences en intervertissant l'ordre des stimulations. La figure suivante représente deux sortes d'expériences faites chez un même sujet.

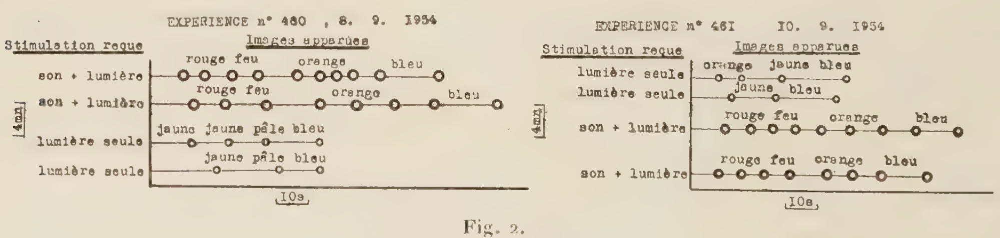


Fig. 2.

Ainsi il ressort clairement que quand le son précède la lumière, le nombre des images consécutives augmente et que leurs couleurs s'inten-

sifient. De plus, il est remarquable de constater que, avec l'intensité de lumière que nous employons, toujours on trouve la couleur rouge dans les séries d'images consécutives qui suivent les stimuli combinés alors qu'elle n'apparaît jamais dans les séries qui suivent la lumière seule. La couleur rouge étant, on le sait, la première à disparaître quand la lumière diminue d'intensité.

Il semble donc bien que tout se passe dans nos expériences comme si la lumière était renforcée par le son, ce qui est vraisemblablement dû à une excitation supplémentaire, provoquée par le son qui précède la lumière. Ainsi le centre optique paraît être excité deux fois : par le son, puis par la lumière, ce qui augmente la sensation lumineuse.

Ces faits concordent avec les deux excitations rencontrées par N. Popov dans le centre de défense du Lapin : la première correspondant au son, la seconde à la stimulation électrique de la patte.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du système nerveux sur le développement de l'ébauche de l'aile d'Oiseaux en greffe chorio-allantoïdienne.* Note (*) de MM. **Hubert Lutz** et **Georges Mamet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le rôle du système nerveux dans le développement de l'aile d'Oiseaux a été étudié à différentes reprises, en particulier par Hamburger (1); pour cet auteur le système nerveux n'aurait aucune influence sur le développement du squelette de l'aile : il remarque une inhibition du développement musculaire en l'absence du système nerveux. Cependant la technique de greffe cœlomique employée laisse des doutes à ce sujet en ce sens que le système nerveux de l'hôte peut favoriser et influencer le développement du greffon.

Nous avons donc repris ce problème par la technique des greffes chorio-allantoïdiennes, mise au point par Et. Wolff et H. Lutz (2); ainsi toute influence de l'hôte est supprimée.

L'ébauche de l'aile, localisée par Et. Wolff (3), est prélevée sur un embryon de 11 à 27 somites. Chaque embryon nous fournit deux greffons, l'un sans système nerveux central, l'autre avec système nerveux; la coupure des greffons est faite de façon qu'elle passe sur le bord interne des somites du greffon sans système nerveux, ceci afin d'éliminer la crête neurale.

120 greffons se sont développés pendant 8 à 15 jours.

a. Greffons avec système nerveux. — 67 greffons ont été examinés; 23 pré-

---

(*) Séance du 7 mars 1955.

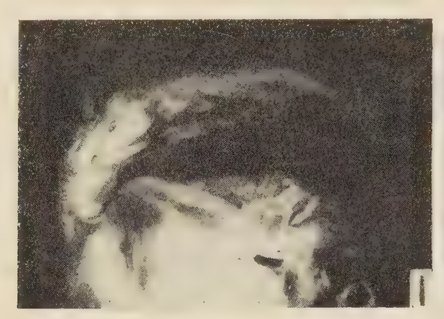
(1) *J. Exp. Zool.*, **80**, 1939, p. 347-384.

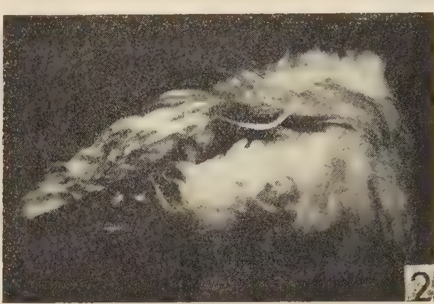
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **132**, 1939, p. 117.

(3) *Arch. d'Anat. Hist. et d'Embryologie*, **22**, 1936, p. 1-382.

sentent des caractères externes typiques d'ailes (5 sont dédoublés) et 44 ne présentent pas de morphogenèse apparente.

b. Greffons sans système nerveux. — 21 greffons ont donné naissance à des ailes bien différenciées extérieurement (3 sont dédoublés) et 32 autres ne présentent pas de morphogenèse apparente.





1, Aile résultant de la greffe d'une ébauche d'aile avec système nerveux; 2, Aile dédoublée provenant de la greffe d'une ébauche sans système nerveux; l'un des composants est partiellement caché par un fond noir. Dans les deux cas, la morphologie externe est comparable à celle d'une aile normale.

Un certain nombre de greffons de l'une et de l'autre catégorie ont été éclaircis et observés par transparence; les autres au contraire ont servi à l'étude histologique après coupe à 8 μ et coloration à l'hémalun-éosine ou au protéinate d'argent. L'ensemble de cette étude nous permet de faire les remarques suivantes :

1° Dans tous les cas, le squelette cartilagineux se forme normalement; la ceinture scapulaire, l'humérus, le cubitus et le radius sont bien développés; au niveau des phalanges, on remarque souvent une réduction qui porte d'abord sur la phalange I, pour ne laisser subsister que les phalanges II et III; ou sur les phalanges I et II, auquel cas seule la phalange III subsiste; ces observations confirment donc les résultats de Mme Wey-Schué ([4]) obtenus par l'action des rayons X.

D'autres fois, nous avons pu observer de la polydactylie (quatre et cinq doigts) ou même de la polymélie (huit cas). Ces cas s'expliquent par le fait que l'ébauche de l'aile au moment de la greffe s'est trouvée « coincée » par la membrane chorio-allantoïdienne et de ce fait divisée en deux parties; ceci est d'ailleurs confirmé par l'observation du greffon après 14 jours de développement; cette possibilité de régulation de l'aile a déjà été étudiée par E. Wolff et J. Kahn ([5]).

2° La musculature est bien formée; on observe autour du squelette cartilagineux, de nombreux paquets musculaires. Aucun cas de nécrose ou de dégé-

---

([4]) Et. Wolff et Wey Schué, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 752.

([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1583.

nérescence musculaire n'a pu être observé même après 12 ou 15 jours de développement du greffon; dans quelques cas cependant, toute la musculature ne s'est pas différenciée. Cette remarque est valable pour les deux types de greffons. Il ne semble donc pas que le système nerveux ait une influence sur le développement musculaire de l'aile.

3° Le système nerveux n'a pu être observé que dans les greffons qui, dès le début de l'expérience, présentent un système nerveux central; on le retrouve facilement du fait qu'il est alors entouré de vertèbres plus ou moins typiques; au niveau de l'aile elle-même, le nerf brachial n'est pas toujours bien développé. Au contraire, dans le cas des greffons sans système nerveux, aucune trace de nerfs n'a pu être relevée par l'étude histologique.

4° Lorsque le greffon ne présente pas de morphogenèse apparente, on retrouve cependant un squelette cartilagineux, plus ou moins typique et des paquets musculaires; dans d'autres cas au contraire, l'ensemble est assez chaotique; mais il est possible de reconnaître les différentes parties du squelette cartilagineux de l'aile. Ce défaut de morphogenèse est sans doute dû à la fragilité des tissus lors de la mise en place du greffon.

Le système nerveux n'a donc aucune influence sur le développement de l'ébauche de l'aile en greffe chorio-allantoïdienne. Ses possibilités de régulation sont les mêmes qu'en présence de système nerveux : de même, en cas de réduction du nombre de phalanges, celle-ci porte d'abord sur la phalange I, puis sur la phalange II.

BIOLOGIE. — *Nidation retardée par brûlure chez la Ratte.*

Note de MM. **René Canivenc** et **Gaston Mayer**, présentée par M. Robert Courrier.

La brûlure pratiquée au début d'une grossesse post-partum provoque chez la Ratte d'importants retards dans la nidation (5 à 25 jours) des œufs fécondés.

Un certain nombre d'observations et de travaux expérimentaux ont montré que l'œuf fécondé pouvait rester pendant un temps variable libre dans les voies génitales femelles avant de s'insérer dans l'utérus. Il existe en effet des espèces comme le Vison, le Chevreuil, le Blaireau, etc. [*cf.* Courrier [1]] chez lesquelles la nidation est différée. L'œuf fécondé est arrêté dans son développement pendant plusieurs mois et ce n'est qu'au terme de cette période d'arrêt qu'il s'implante et reprend son évolution. F. Lataste [2] a été le premier à remarquer que, dans d'autres espèces

(1) *Endocrinologie de la Gestation*, Masson, Paris, 1945.

(2) *Recherches de zooéthique sur les mammifères de l'ordre des rongeurs*, Vital-Raoul Lataste, Cadillac-sur-Garonne, 1887.

comme les Muridés par exemple, la nidation peut être retardée au cours de la lactation.

Chez la Ratte, la durée de la gravidité normale est de 21 jours; pendant les six premiers jours, l'œuf fécondé est libre dans les voies génitales. Passé ce délai, il s'implante dans l'utérus. Lorsqu'une grossesse se superpose à la lactation, la période de vie libre de l'œuf est d'autant plus longue que le nombre de petits allaités est plus grand. Chez la Ratte allaitant au maximum cinq petits, l'ovo-implantation a lieu à la date normale et l'on compte environ un jour de retard par petit au-dessus de cinq [*cf.* R. Courrier (1), R. Canivenc et G. Mayer (3)].

Les hypothèses concernant le mécanisme de ce retard de nidation sont nombreuses. Il semble qu'à l'heure actuelle, la théorie hypoprogestéronique rallie le plus de suffrages. Des doses sous-liminaires de progestérone permettent d'obtenir la nidation retardée, chez la Ratte castrée après la fécondation [(Y. Chambon (4)]; l'administration intra-utérine de progestérone hâte l'ovo-implantation dans la région traitée et l'on obtient ainsi une dissociation de l'évolution embryonnaire dans les deux cornes utérines de la Ratte [R. Canivenc, C. Drouville et G. Mayer (5)]. Mais il reste à éclaircir le mécanisme de cette variation d'équilibre hormonal qui, au cours de la lactation, est responsable du retard de la nidation. Pour savoir si le rôle de la lactation est spécifique ou non, et si d'autres surcharges organiques, réunies sous le nom d'agression ou de « stress », peuvent provoquer un retard de nidation, nous avons réalisé l'expérience suivante :

Des femelles gestantes sont mises en présence de mâles féconds. Le jour de l'accouchement, on note le nombre de nouveau-nés, puis l'on vérifie la présence du bouchon vaginal qui signe le début d'une nouvelle grossesse. On laisse à la nourrice deux petits seulement. Dans ces conditions, chez les animaux témoins, il n'y a pas de retard de nidation et celle-ci s'est effectuée normalement au septième jour. Le quatrième jour de la grossesse, on brûle sur une surface d'environ 1 cm^2, l'une des pattes postérieures des animaux expérimentés. Puis, la femelle est rendue à ses petits qu'elle continue à allaiter. La palpation et la laparotomie exploratrice au huitième jour montre que, dans ces conditions, l'ovo-implantation n'a pas lieu à la date prévue et, qu'après plusieurs jours, et même plusieurs semaines (*cf.* tableau) elle ne s'est pas encore effectuée.

Pour savoir si les œufs non insérés sont encore vivants, on injecte à

(3) *Contribution à l'étude expérimentale de la superfœtation chez la Ratte. Recherches sur la nidation retardée* (*Annales d'endocrinologie*, 1954, sous presse).

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 756.

(5) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1036.

l'animal de la progestérone (10 mg par jour) jusqu'à ce que la palpation permette d'apprécier la présence d'ovo-implantations. Les animaux sont alors sacrifiés. Leur utérus renferme des embryons jeunes correspondant, quant à leur taille, à des grossesses normales de 7 à 10 jours. Si l'on laissait évoluer ces gravidités, leur durée totale serait ainsi de 35 à 40 jours.

Tableau partiel des animaux expérimentés.

Numéro.	Nombre de petits allaités.	Moment de réalisation du stress (*).	Moment de l'autopsie (*).	Début du traitement progesté-ronique (*).	Retard prévu (**).	Retard observé (**).	
W.2708.......	2	0	8	0	0	0	Témoins
W.2709.......	2	0	8	0	0	0	
W.2719.......	2	4	14	9	0	5	Expérimentés
W.2720.......	2	4	19	14	0	12	
W.2721.......	2	4	19	14	0	12	
W.2726.......	2	4 et 16	33	23	0	25	

(*) En jours de grossesse.
(**) En jours.

Ces résultats montrent donc que l'allaitement de nombreux petits ne représente pas un stimulus spécifique du retard de nidation, puisque la brûlure peut conduire au même résultat, phénomène que Lataste [2] avait déjà constaté chez certains de ses animaux. Le mécanisme par lequel agissent l'allaitement et la brûlure reste à éclaircir. Il est possible que l'activité cortico-surrénale dont on connaît l'intervention dans tous les processus d'agression joue un rôle dans les phénomènes observés. Quel que soit ce mécanisme, ces recherches montrent qu'une agression organique peut retarder l'évolution normale du blastocyste; que celui-ci peut rester longtemps en période de vie libre et que l'on peut provoquer la poursuite de son développement par l'administration de progestérone.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Castration temporaire aux rayons X et déterminisme des caractères sexuels temporaires chez le Crustacé Isopode* Asellus aquaticus *L.* Note de M[me] **Marie-Louise Balesdent-Marquet**, présentée par M. Louis Fage.

Les résultats obtenus par castration temporaire aux rayons X d'Aselles ♀ permettent d'affirmer que l'apparition des caractères sexuels temporaires liés à l'incubation ne dépend pas de l'intensité de la vitellogenèse; ces deux phénomènes semblent dépendre d'un même facteur ou de plusieurs facteurs communs.

Dans une Note précédente [1] j'ai pu établir que l'apparition des caractères

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1872.

sexuels temporaires chez les Aselles devait être en rapport avec l'activité des cellules folliculaires de l'ovaire. En même temps, J.-J. Legrand [2] a montré que le tissu sertolien des testicules de certains Isopodes terrestres « accomplit un rôle endocrine d'élaboration d'hormones ♂ ». Chez *Asellus aquaticus*, différentes expériences d'irradiations localisées sont nécessaires pour préciser les relations qui peuvent exister entre les cellules sexuelles, les cellules folliculaires, d'autres cellules aussi peut-être, et les caractères sexuels temporaires. On ne peut pratiquement réaliser ces irradiations localisées qu'aux rayons X. Mais pour pouvoir interpréter les résultats d'irradiations localisées aux rayons X j'ai dû irradier les Aselles entiers et vérifier que les rayons X pouvaient provoquer des castrations.

295 Aselles ♀ adultes ont été irradiées entre le 20 mars et le 11 juin, au milieu de la période de reproduction; 167 ont fait plus de deux mues ou ont été fixées, et apportent seules des résultats; elles ont été comparées à 20 témoins, car le nombre d'exemplaires des divers lots exposés à des doses différentes s'élève au maximum à 20.

Les expériences ont été faites à l'aide d'une ampoule à rayons X de 6 kW fonctionnant sous 60 kV et avec une intensité de 3 mA; la distance optima choisie après plusieurs essais est de 6,5 cm de l'anticathode à l'animal; les temps d'exposition varient de 30 à 60 mn.

Apparition de la castration. — Les résultats confirment ceux qui ont été obtenus par irradiation au radium : la « mue parturiale » et la ponte qui lui succède, disparaissent simultanément.

Avec des doses de rayons γ ou de rayons X provoquant une castration de longue durée, le mécanisme d'apparition de la castration est le suivant : le facteur déterminant chaque « mue parturiale » peut être atteint exactement entre la « mue parturiale » précédente et la « mue intermédiaire » qui lui est liée; après cette « mue intermédiaire », le facteur ne peut plus être atteint et une « mue parturiale », mais une seule, puis la « mue intermédiaire » correspondante se forment encore; des « mues normales » seules apparaissent ensuite, comme pendant la période de repos sexuel. La taille et la forme des oostégites formées au cours de ces « mues normales » deviennent celles que l'on observe au milieu de la saison de non reproduction et même de la période juvénile.

Des doses moindres de rayons X provoquant des castrations temporaires apportent quelques précisions sur ce processus : à partir d'une « mue parturiale » considérée MP^1, on peut inhiber l'action du facteur déterminant la « mue parturiale » suivante MP^2, si l'irradiation est faite au début de l'intermue « mue parturiale » MP^1-« mue intermédiaire » MI^1 ; mais à partir d'un moment donné, vers le milieu de l'intermue, l'irradiation n'inhibe plus l'action du facteur déterminant la « mue parturiale » MP^2 ; ce sont les « mues parturiales » MP^3, MP^4 et quelquefois MP^5 qui sont supprimées. Des « mues

(2) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 120.

normales » apparaissent ensuite, donnant naissance à des oostégites dont l'aspect est identique à celui que l'on observe pendant la saison d'inactivité sexuelle. Autrement dit, avec les doses ne provoquant que des castrations temporaires, le facteur déterminant la « mue parturiale » ne peut être atteint qu'au début de l'intermue « mue parturiale »-« mue intermédiaire » précédent. Dans ces différents cas, les « mues parturiales » qui ont lieu font apparaître des poches incubatrices formées par des oostégites de taille normale, mais les pontes sont réduites à 40, 20 et même trois œufs (un cas) au lieu d'une centaine.

Réapparition de l'activité ovarienne et des caractères sexuels externes liés à l'incubation. — 15 femelles adultes irradiées ont refait, après plusieurs « mues normales » en pleine période de reproduction, une « mue parturiale » : huit d'entre elles ont eu lieu après une ou deux « mues normales » et ont donné naissance chacune à une poche incubatrice normale; sept autres ont été effectuées après deux, trois, quatre et cinq « mues normales » et n'ont pas fait apparaître de véritables poches. Je les appelle « mues parturiales anormales » : en effet, les oostégites de taille plus ou moins réduite, en largeur surtout, n'offrent plus la forme convexe visible même avant la ponte; certaines ont un aspect beaucoup plus proche de celui qui apparaît lors des « mues intermédiaires » et ne peuvent plus retenir les œufs pondus; les épipodites des maxillipèdes ont des soies réduites en nombre et en taille. Mais qu'il s'agisse de « mues parturiales » normales ou de « mues parturiales » anormales, le nombre des œufs pondus est très inférieur à la moyenne (dans les deux cas de 5, 7, 8, 15 et plus).

Les expériences de castration au radium d'Haemmerli-Boveri ([3]) que j'ai refaites ([1]) montrent que les caractères sexuels temporaires, chez *Asellus aquaticus*, sont sous la dépendance des gonades. Mais les expériences décrites ici prouvent que la vitellogenèse et l'apparition des caractères sexuels temporaires ne sont pas des phénomènes rigoureusement parallèles (les caractères sexuels liés à l'incubation peuvent se développer normalement alors que la vitellogenèse est entièrement réduite). Il semble que ces deux phénomènes dépendent d'un même facteur (ou de plusieurs) que l'on atteint par l'irradiation.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Influence du photopériodisme sur le déterminisme des formes estivales ou hivernales et de la diapause chez* Psylla pyri *L.* (*Homoptères*). Note de MM. **Lucien Bonnemaison** et **Jacques Missonnier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les photopériodes courtes déterminent le type morphologique hivernal et la diapause imaginale; il a pu être obtenu des femelles du type hivernal mais ne présentant pas de diapause. La forme des géniteurs conditionne, pour une part, celle de leurs descendants. La diapause peut se dérouler en entier au cours du 5e âge.

([3]) *Z. wiss. Biol. Abt. C. Physiol.*, 4, 1926, p. 668-698.

Dans la région parisienne, *Psylla pyri* L. présente quatre à cinq générations par an; il hiverne à l'état adulte. Les mues imaginales de la dernière génération s'échelonnent depuis les premiers jours de septembre jusqu'au début du mois de décembre et, exceptionnellement, jusqu'à la fin de janvier; la ponte commence dès la première quinzaine de février.

La dernière génération diffère de celles qui se succèdent au printemps et pendant l'été par deux catégories de caractères : elle présente une diapause imaginale et une morphologie particulière (taille supérieure, couleur plus sombre, ailes plus longues avec des cellules partiellement enfumées) qui permet de différencier facilement cette « forme hivernale » de la « forme estivale ». Dans les conditions naturelles, les Insectes qui deviennent adultes avant la fin du mois d'août sont du type estival et commencent à pondre à partir du quatrième jour après la dernière mue. Ceux dont la mue imaginale a lieu après le début de septembre, c'est-à-dire lorsque la longueur du jour devient inférieure à 13 h 30, sont du type hivernal et présentent une diapause.

1. *Déterminisme des diverses formes morphologiques.* — Nous avons soumis, de façon méthodique, les cinq âges larvaires à des photopériodes naturelles ou artificielles de 0, 4, 8, 12 et 16 h. Nous avons pu produire à volonté des formes hivernales, estivales ou présentant des caractères morphologiques intermédiaires entre les deux précédentes.

A la température de 16°, les pourcentages de formes hivernales relevés dans la descendance de Psylles du type hivernal ont été de 50 % à l'obscurité permanente, de 78 % sous une photopériode de 4 h, de 97 % à 8 h et de 82 % à 12 h. Dans la descendance de formes estivales, ces proportions ont été respectivement de 96, 100, 100 et 93 %. La proportion des formes intermédiaires est plus élevée dans la descendance des Psylles du type hivernal que dans celle du type estival. Un éclairement d'une durée de 16 h ne donne que des formes d'été.

La sensibilité des différents âges larvaires a été déterminée en soumettant un ou plusieurs âges à des photopériodes de 12 ou de 16 h. Pour les descendants de Psylles du type hivernal, une courte photopériode est active sur le 3e et surtout sur le 4e âge larvaire; elle est sans effet sur le 1er et le 2e âges. Pour les descendants de femelles du type estival, le 1er et le 2e âges présentent une sensibilité certaine. Dans tous les cas, le 5e âge est peu actif. La sensibilité propre d'un âge varie en fonction des conditions d'éclairement reçues antérieurement : elle est beaucoup plus grande si les âges sensibles précédents ont été élevés dans les mêmes conditions que l'âge considéré. L'action de l'éclairement n'est donc pas étroitement liée à un âge larvaire, mais à une période de la vie de l'animal, cette période étant plus précoce chez les larves issues de femelles du type estival que chez celles provenant de formes hivernales.

Les photopériodes semblent agir directement et non par l'intermédiaire de l'alimentation. Entre 13 et 22°, la température n'a pas d'influence; au-dessus de 22°, elle tend à favoriser l'apparition des formes estivales.

Il a été possible d'obtenir plusieurs générations successives de formes estivales ou de formes hivernales en faisant intervenir uniquement la photopériode.

2. *Déterminisme de la diapause.* — Les Psylles présentant une diapause sont toujours du type morphologique hivernal. Le déterminisme de la diapause est le même que celui du type morphologique hivernal.

La durée de la diapause est influencée par la longueur de la photopériode journalière reçue par l'adulte; elle est maximum pour un éclairement de 12 h; une photopériode de 4 ou de 8 h la raccourcit un peu et celle de 16 h l'abrège considérablement.

Si les adultes sont soumis à des conditions favorables au maintien de la diapause (12 h d'éclairement, 18°), la durée de celle-ci dépend des conditions d'élevage des larves : elle est plus courte pour des photopériodes de 4 ou de 8 h que pour la photopériode de 12 h. Il semble que ce soit le 5e âge larvaire qui soit sensible : les mêmes facteurs, appliqués séparément sur l'adulte ou sur le dernier âge, provoquent donc les mêmes effets sur la diapause imaginale. Si l'on soumet le 5e âge et l'adulte à 16 h d'éclairement, la ponte se déclenche le 9e jour après la mue imaginale, alors que dans le cas où l'adulte est soumis à 12 h de lumière, les premiers œufs ne sont pondus qu'à la fin du 3e mois. De plus, si le 5e âge larvaire est élevé à des températures comprises entre 4 et 10° C, la diapause de l'adulte (sous 12 h) est raccourcie de manière approximativement proportionnelle à la durée du 5e âge.

Pour des Psylles récoltés à l'extérieur et soumis aussitôt après la mue imaginale à une photopériode de 12 h et à une température de 18°, on constate que le temps nécessaire au déclenchement de la ponte est d'autant plus court que la dernière mue s'est produite plus tard : les Psylles hivernants devenus adultes en plein air, au début des mois d'octobre, de novembre, de décembre, de janvier ou de février pondent respectivement au bout de 90, 50, 14, 10 ou de 7 jours : on aboutit ainsi à une élimination totale de la diapause imaginale.

Il semble donc que l'état de diapause ne peut s'établir que si les quatre premiers âges larvaires sont soumis à une photopériode courte, inférieure à 13 h 30; il s'étale à la fois sur le 5e âge et l'état adulte; il peut se dérouler entièrement pendant le 5e âge (cas des Psylles devenus adultes après le 1er décembre) et être rapidement éliminé par l'exposition des Psylles, après la 4e mue à une photopériode de 16 h.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identification d'une combinaison azotée de l'acide glycuronique dans les cultures des bactéries protéolytiques des ensilages.* Note de M. **Benoit Wurtz** et Mme **Denise Gagniant**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude de la flore microbienne responsable de la putréfaction des végétaux a montré que l'on peut isoler régulièrement à partir de ces sources des bactéries Gram négatives, très mobiles, fréquemment associées en diplobacilles, formant un voile à la surface des milieux de culture qu'elles alcalinisent à pH 7,8-8 — lorsqu'ils ne sont pas glucosés — en leur communiquant une mauvaise odeur. Les caractéristiques de ces germes ont été précisées antérieurement ([1]) pour une souche entretenue au laboratoire depuis plusieurs années et dont le métabolisme glucidique présente des particularités qui ont été signalées dans une Note précédente ([2]). Cultivées en eau peptonée, glucosée à 1 %, à 25° C, en aérobiose, ces bactéries n'alcalinisent plus, mais au contraire *acidifient* le milieu à pH 4 (après 48 h d'incubation) notamment par production d'*acide glycuronique* qui a été identifié de la façon suivante : à 200 cm³ d'une culture âgée de 48 h, filtrée, on ajoute 50 cm³ d'une solution d'acétate neutre de plomb à 33 %. Il se forme un précipité volumineux qui est recueilli par centrifugation et lavé à l'eau distillée. Traité par un fort excès d'acétate de plomb, ce précipité se solubilise en partie. Le résidu est éliminé et la solution traitée par H_2S jusqu'à précipitation totale du plomb. On filtre et la solution limpide est concentrée sous vide (à 60-70° C) à un volume de 50 cm³. Cette solution ne renferme plus d'azote; elle réduit la liqueur de Fehling, donne une forte coloration jaune au réactif de Berg, produit du furfural par distillation avec HCl à 12 % et présente la réaction de Tollens au naphtorésorcinol : l'ensemble de ces réactions indique la présence d'un acide uronique. La détermination du pouvoir réducteur a montré qu'il est voisin de celui du glucose, comme l'indiquent les nombres :

N° de l'échantillon.	Poids sec de substance dans 20 cm³ (dessic. 100°) (mg).	Substance réductrice dans 20 cm³ (en glucose Bertrand) (mg).
1	22	20
2	29,2	28,4
3	38	37

([1]) B. Wurtz et R. Mursch, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 34, 1952, p. 790.

([2]) B. Wurtz, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 414.

On peut donc préciser que le corps analysé présente l'ensemble des réactions de l'acide glycuronique. La présence d'acide galacturonique est à exclure, car le test mucique est négatif. L'acide glycuronique libre ne précipite pas dans les conditions précédentes : l'acétate neutre de plomb permet de l'isoler à partir des milieux de culture parce qu'il s'y trouve combiné à une fraction non glucidique, azotée, comme l'indique la comparaison des taux d'azote précipitable à l'acétate de plomb dans une eau peptonée témoin et dans un milieu de culture. Toutes les conditions étant identiques, on précipite dans le milieu témoin 5,27 % de l'N total initial et dans la culture 13,58 % de l'N total initial. Cette différence s'explique si l'on admet que dans la culture, l'acétate de plomb précipite une fraction protidique, n'existant pas dans le milieu et qui est combinée à l'acide glycuronique. L'existence d'une telle combinaison a pu être démontrée de la façon suivante : à 200 cm^3 de culture on ajoute 3 cm^3 de solution d'acétate de plomb à 33 % : on élimine le précipité formé. On ajoute alors 50 cm^3 de la solution d'acétate de plomb : tandis que le témoin traité dans ces conditions reste limpide, il se forme dans la culture un précipité volumineux qui est recueilli, lavé et mis en suspension dans 20 cm^3 d'acide acétique au 1/5e. Il se dissout en partie, le résidu est éliminé. La solution versée dans 120 cm^3 d'alcool à 96° précipite. Le précipité récolté, lavé à l'alcool est remis en solution dans l'eau distillée, le plomb est éliminé à l'H_2S. La solution filtrée, concentrée sous vide, amenée à 50 cm^3 est analysée : on détermine l'extrait sec, le taux d'acide glycuronique (exprimé en glucose) et l'N total. Quatre échantillons provenant de cultures d'âge différent ont fourni les chiffres suivants :

N° de l'échantillon.	Age de la culture (jours).	Extrait sec (mg %).	Acide glycuronique (mg %).	N total (mg %).	$\frac{\text{Acide glyc.}}{\text{Extrait}}$.	$\frac{\text{N total}}{\text{Extrait}}$.
1...........	3	535	313	16,8	58,5	3,14
2...........	2	435	252	13,6	57,9	3,12
3...........	2 1/2	550	335	18,34	60,9	3,3
4...........	3	585	344	20,7	58,8	3,5

Ces résultats permettent de *conclure* que la substance précipitable à l'acétate de plomb dans les conditions indiquées, n'est pas un mélange, mais un composé défini, du type complexe protéide-glucide, renfermant une importante fraction glucidique (59 % en glucose) dans laquelle a pu être caractérisé l'acide glycuronique, et une fraction protidique encore non identifiée, représentant 3,26 % (moyenne) d'N total. Les essais en cours tendent à préciser : 1° la nature de la fraction azotée; 2° la signification physiologique de ce composé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Phénomènes d'association et électrophorèse.* Note de Mlle **Marguerite Lautout** et M. **Serge de Mende**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'étude par électrophorèse de la préparation hautement purifiée (1) d'une protéinase secrétée dans le bouillon de culture par *Sarcina flava* (variété *P. beumeri*), et qui a déjà fait l'objet d'études de J. Beumer (2) Gorini et Fromageot (3), (4), (5), (6), a révélé une série d'anomalies.

Ces anomalies se manifestent dans toute la zone de pH qui a été explorée [(2) à (11)], et ce, quel que soit le tampon utilisé. Elles se traduisent principalement par une différence d'aspect très accentuée des images obtenues pour la branche montante, qui reste toujours parfaitement tranchée quelle que soit la durée de l'expérience, et de la branche descendante qui au contraire s'aplatit très rapidement et dont l'étalement s'accentue avec le temps.

Certains auteurs ont publié des observations analogues, soit sans chercher à les interpréter comme Harmoir (7), soit en les interprétant comme Longsworth et Mac Innes (8) I. M. Klotz F. M. Walker et R. B. Pivan (9), R. F. Smith et D. R. Briggs (10) par des interactions se produisant entre les constituants du mélange soumis à l'électrophorèse.

Une telle explication ne peut cependant pas s'appliquer à la protéinase étudiée qui a été purifiée avec un soin tout particulier; c'est pourquoi Colobert et de Mende ont été amenés à penser que les anomalies constatées ne pouvaient que traduire l'existence de phénomènes d'association résersibles des molécules de protéinase en solution et que les caractères de cette association étaient tels qu'ils pouvaient permettre l'application à ce cas particulier de la méthode exposée par R. F. Steiner (11).

---

(1) La purification de cet enzyme et l'étude de ses propriétés physico-chimiques ont été réalisées par L. Colobert au Laboratoire de Chimie Biologique de la Sorbonne (Professeur C. Fromageot) et au Centre d'Électrophorèse du C. N. R. S. par L. Colobert et S. de Mende et feront l'objet de publications ultérieures.

(2) *Acta Biol. Belg.*, 2, 1941, p. 273.

(3) L. Gorini, *Bioch. Biophys. Acta*, 6, 1950, p. 237.

(4) L. Gorini et C. Fromageot, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 559.

(5) L. Gorini et J. Lanzavecchia, *Bioch. Biophys. Acta*, 14, 1954, p. 407.

(6) L. Gorini et J. Lanzavecchia, *Bioch. Biophys. Acta*, 15, 1954, p. 399.

(7) J. G. Longsworth et D. A. Mac Innes, *J. Gen. Phys.*, 25, 1942, p. 507.

(8) G. Harmoir, *Faraday Soc. Disc.*, 13, 1953.

(9) *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1486.

(10) *J. Phys. Coll. Chem.*, 54, 1950, p. 33.

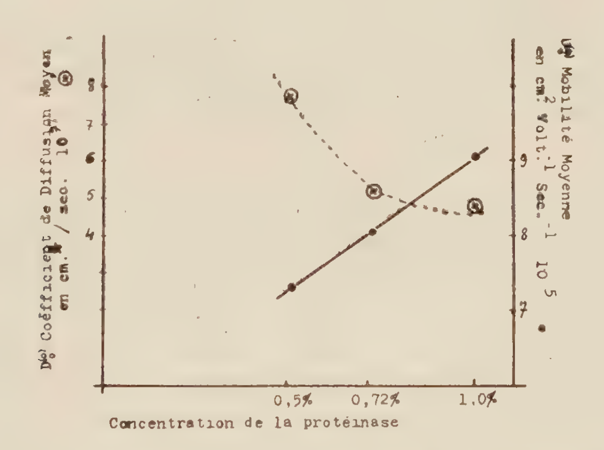
(11) *Arch. for Bioch. and Biophys.*, 49, 1954, p. 400.

En utilisant cette méthode il est possible de mettre en évidence par le calcul les phénomènes d'association réversible, s'ils existent, et d'obtenir à partir d'un seul diagramme d'électrophorèse la valeur de la mobilité et du coefficient de diffusion moyens à partir des moments d'ordre 1 et d'ordre 2 des courbes expérimentales.

Nous avons déterminé la valeur numérique des moments d'ordre 1 et d'ordre 2 m_1 et m_2 des courbes expérimentales obtenues par Colobert et de Mende pour diverses concentrations de protéinase ce qui nous a permis de conclure que cet enzyme présente, en solution, des phénomènes d'association moléculaire réversible puisque, comme le montre le tableau ci-dessous, la valeur du second moment dû à l'électrophorèse seule (branche descendante) augmente avec la concentration [12].

Concentration en protéinase (%).	m_2		
	montante.	descendante.	électrophorèse.
0,5	15	53	38
0,72	15	174	159
1	16	398	182

Les valeurs obtenues pour le moment d'ordre 2 des courbes expérimentales (branche montante) nous a également permis de calculer le coefficient de diffusion moyen de la protéinase ainsi que sa variation en fonction de la concentration.



Enfin, les valeurs obtenues pour le moment d'ordre 1 des courbes expérimentales (branche descendante) nous ont permis d'obtenir, pour chaque concentration, la valeur de la mobilité moyenne qui ne pouvait pas être

(12) Nous n'avons pas fait figurer dans ce tableau les valeurs obtenues pour une concentration de 1,4 %, car par suite d'une approximation mathématique le calcul de Steiner ne peut pas s'appliquer aux concentrations supérieures à 1 %.

déterminée directement sur les courbes expérimentales par suite de leur étalement dissymétrique.

La figure ci-dessus résume l'ensemble de nos résultats qui montrent clairement que l'association augmente avec la concentration de la protéinase puisque les valeurs obtenues aux différentes concentrations pour la mobilité et le coefficient de diffusion moyens varient en sens inverse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dégradation et synthèse de la créatine dans le cœur isolé de Crapaud.* Note de M. **Jean Nekhorocheff**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le cœur isolé de Crapaud battant spontanément consomme une partie de sa réserve de créatine. Cette dépense est évitée si l'on ajoute de l'arginine. Il est donc probable que celle-ci donne lieu à une synthèse de créatine.

La synthèse de créatine à partir d'arginine dans le cœur isolé de Lapin a été démontrée à l'aide d'une méthode statistique par Fischer et Wilhelmi [1]. D'autre part, la même réaction est possible *in vitro* en présence d'une purée de muscle squelettique de Batracien [2]. Le présent travail tend à montrer qu'elle a lieu également dans le cœur isolé de Crapaud.

Prélevés sur des Crapauds mâles (*B. bufo*) nourris, les cœurs sont montés sur canules de verre et immergés à demi dans des godets contenant du Ringer. Dans la canule on place 1 cm³ de Ringer ou 1 cm³ de Ringer contenant 0,4 mg d'arginine.

Les contractions spontanées, au rythme de 20 à 30 par minute peuvent ainsi se prolonger jusqu'à 48 h. Toutefois, dans les expériences citées plus bas, il s'agit de cœurs arrêtés et fixés bien avant l'épuisement complet. Les analyses ont été faites par des méthodes décrites antérieurement [2].

La comparaison des cœurs frais avec ceux qui ont battu spontanément en présence de Ringer simple montre qu'une partie de la créatine présente initialement a disparu (le taux de créatine est exprimé en milligrammes par gramme de tissu frais) :

Cœurs frais : 1,97, 2,14;
Après 9-10 h : 1,49, 1,30;
Après 11-14 h : 1,01, 1,02, 0,84.

Dans cette expérience la variation a été en moyenne de — 44 %. Les chiffres obtenus dans des expériences semblables, portant chacune sur 5 à 9 cœurs, ont été : — 10, + 8, — 34 % et ± 0.

La comparaison des cœurs battant en présence de Ringer pur avec

(1) *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 1136.
(2) J. Nekhorocheff, *Arch. Sc. physiol.*, 6, 1952, p. 285.

ceux qui reçoivent de l'arginine montre que celle-ci contribue à rétablir, au moins en partie, le taux initial de créatine :

Cœurs frais : 1,82, 1,80, 1,64, 1,40;
Ringer : 0,95, 0,96, 0,98, 1,53;
Arginine : 1,26, 1,01, 1,32, 1,37, 1,62.

Dans cette expérience l'addition d'arginine a entraîné une augmentation moyenne de 8 %. Dans deux expériences semblables, portant au total sur 15 cœurs, l'augmentation a été de 21 % et de ± 0.

La moyenne générale de cette série d'expériences ne peut pas s'exprimer par des nombres absolus, les valeurs individuelles étant trop dissemblables. Si l'on se contente de faire la moyenne des écarts déduits de chaque expérience, on constate que sur l'ensemble du matériel examiné (36 cœurs), la variation de la créatine par rapport au taux initial a été de — 16 % dans le Ringer pur et de — 1 % dans le Ringer additionné d'arginine.

J'ai pensé qu'en faisant effectuer par tous les cœurs une somme égale de travail mécanique, les chiffres exprimant la consommation de créatine seraient plus réguliers. Avec le Docteur J. Lerique, nous avons mis au point l'appareillage adéquat pour exciter électriquement le cœur isolé de Crapaud. Pour le cœur monté sur canule de verre, dans le Ringer, nous avons trouvé les caractéristiques suivantes :

Rhéobase, 0,65 V; 120 μA; *chronaxie*, 0,5 ms; *résistance*, 6 500 ω.

L'appareil conçu par le Docteur Lerique pour répondre à ces conditions permet d'exciter simultanément 10 cœurs avec des courants carrés de tension appropriée (réglable pour chaque cœur). Nous avons travaillé aux fréquences de 26 et 46 secousses isolées par minute, pendant 10 à 24 h.

Le résultat, assez surprenant, d'une série d'expériences portant au total sur 44 cœurs excités, a été le suivant : le taux de créatine s'est abaissé par rapport au taux initial : de 5 % dans le Ringer pur et de 25 % dans le Ringer additionné d'arginine.

En conclusion, si la différence de comportement des cœurs excités et des cœurs battant spontanément reste pour l'instant inexpliquée, les résultats exposés plus haut montrent clairement qu'il y a dans le cœur isolé de Crapaud une métabolisation de la créatine. Ce phénomène est encore plus important dans le gastrocnémien de Grenouille (Nekhorocheff, *loc. cit.*). Il fait défaut dans le cœur isolé de Lapin (Fischer et Wilhelmi). Mais dans les trois cas, il semble bien établi que l'arginine joue le rôle d'un précurseur de la créatine.

A 16 h 5 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

L'Académie décide de prendre sous son patronage un **Comité du Langage scientifique** qui sera composé ainsi qu'il suit :

Présidents : MM. **Georges Duhamel** et **Louis de Broglie** ;

Membres : MM. **Paul Montel**, **Léon Binet**, **Albert Portevin**, **Albert Pérard**, **René Souèges**, **Robert Courrier**, **Roger Heim**, **Georges Darrieus**, **Jacques Tréfouël**, **Gustave Ribaud**, **Paul Fallot**, **André Danjon**, **Pierre-Paul Grassé**, **Georges Chaudron**, Membres de l'Académie; MM. **Mario Roques**, **Alfred Ernout**, Membres de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres; MM. **Marius Chadefaud**, **Georges Champetier**, **Georges Combet**, **Jean Coulomb**, **Albert Dauzat**, **Jean-Marie Duhem**, **Pierre Fouché**, **Émile Pons**, **Yves Rocard**, **Jean Rostand**, **Jean Wyart**.

Secrétaires : MM. **Gérard Petiau** et **Didier Bertrand**.

La séance est levée à 16 h 35 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 7 février 1955.)

Note présentée le même jour, de MM. *Georges Netien* et *Jean Lacharme*, Apparition de pigments anthocyaniques : test d'activité des antibiotiques sur la plantule du radis :

Page 693, en référence, à la 16[e] ligne, après le mot Bauer, *ajouter* L. Bauer, *Naturwiss*, n° 1, 1952, p. 88.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1955.

Académie royale de Belgique. Bulletin de la classe des sciences. 5e série. T. XL, 1954. *Une détermination de rayons de δ Cephei*, par E. Vandekerkhove. Bruxelles, Palais des Académies, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Communications de l'Observatoire royal de Belgique. N° 75. *Observations des taches solaires en* 1953, par Gaston Coutrez. Bruxelles, Imprimerie Robert Louis, 1953-1954; 1 fasc. 24 cm.

Observatoire royal de Belgique. *Monographies. 4. Les marées terrestres*, par Paul-J. Melchior. Bruxelles, Imprimerie Robert Louis, 1954; 1 fasc. 24 cm.

Proceedings of *The Academy of Natural Sciences of Philadelphia.* Vol. CVI, 1954, p. 165-183 : *Notes on Peruvian trochilidæ*, by James Boud; p. 185-205 : *The Acute toxicity of some common salts of sodium, potassium and calcium to the common bluegill* (Lepomis macrochirus Rafinesque), by Francesco B. Trama; 2 fasc. 27,5 cm.

Comité central d'Océanographie et d'étude des côtes. *Bulletin d'information*, nos 1 *à* 6, publié par le Service hydrographique de la Marine. Paris, 1949 à 1954; 6 vol. polycopiés, 27 cm (présenté par M. L. Fage).

Encyclopédie biologique. XLVI. *Le vanillier et la vanille dans le monde*, par Gilbert Bouriquet. Préfaces par Roger Heim et Maurice Guillaume. Paris, Paul Lechevalier, 1954; 1 vol. 25 cm (présenté par M. R. Heim).

Cours de physique industrielle, par Adrien Mondiez. T. II. *Production et utilisation de la chaleur* (*Combustion, foyers, chaudières, chauffage central, séchage*). Préface de Joseph Pérès. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm (présenté par M. J. Pérès).

Ministère des travaux publics, des transports et du tourisme. *Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national en* 1950-1951. *Texte* et *Planches.* Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1954; 2 vol. 26 cm.

Flore de Madagascar et des Comores (*Plantes vasculaires*). Famille 136 *bis* : *Diptérocarpacées*, par Henri Humbert. 137e famille : *Élatinacées.* 138e famille : *Canellacées.* 139e famille : *Violacées*, par Henri Perrier de la Bâthie. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1954; 1 fasc. 24 cm.

Les cellules ont-elles une âme? Ou le néo-finalisme vu par un biologiste finaliste, par Louis Bounoure. Extrait de la *Revue scientifique*, n° 3321. Fasc. 1. 91e année, 1953. Paris, Les éditions de la revue scientifique; 1 fasc. 32 cm.

Revue de l'aluminium. Numéro spécial du centenaire. N° 211, juin 1954. Paris, 1954; 1 fasc. 27 cm.

Ministerio da agricultura. Instituto de Oleos. *Indice Bibliografico. Oleos-Céras-Resinas vegetals.* Vol. I. A. C., por Joana Maria Regina Martins. Rio de Janeiro, Instituto de Oleos, 1953; 1 vol. 21 cm.

Nouvelles recherches expérimentales sur les origines de la lignée reproductrice chez la grenouille rousse, par Louis Bounoure, Régine Aubry et Marie-Louise Huck. Extrait de *Journal of Embryology and Experimental Morphology*. Vol. II, part. 3, 1954. Oxford, At the Clarendon Press; 1 fasc. 25,5 cm.

Niels Henrik Abel. Neue biographische Funde, von Viggo Brun, in *Journal für die reine und angewandte Mathematik*. Band 193. Heft 3/4, 1954. Berlin, Verlag Walter De Gruyter, 1954; 1 fasc. 28,5 cm.

Carte de la végétation de l'Algérie, publiée par le Gouvernement général de l'Algérie, *Beni Abbès*, par Ph. Guinet, à l'échelle 1/200 000e; 1 planche 105,5 × 74 cm.

L'Abbé Nollet. Un physicien au siècle des lumières, par Jean Torlais. Préface par Léon Binet. Paris, SIPUCO, 1954; 1 vol. 19,5 cm.

Id. — *Bibliographie*; 1 fasc. dactylographié, 30 cm.

Comment se meuvent les animaux, par J. Gray, illustré par E. Bawden, traduit par H. Couppié, in *Les heures scientifiques*. Paris, Dunod, 1955; 1 vol. 21,5 cm.

La logique et la science (Étude épistémologique), par Paul Césari, in *Les heures scientifiques*. Paris, Dunod, 1955; 1 vol. 21,5 cm.

(*A suivre*).